



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIRÍA AGRONÓMICA

“Fenología del cafeto (*Coffea arabica* L.) en
tres sitios de producción cafetalera de
Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba de
la provincia de Loja.”

Tesis de Grado Previa a la Obtención
del Título de Ingeniero Agrónomo

Autora:

Edith Alexandra Cuenca Cabrera

Director:

PhD. Max Enrique Encalada Córdova.



Loja – Ecuador

2020

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR.

Ing. Max Encalada Córdova PhD.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICO:

Que el presente trabajo de investigación titulado “**Fenología del cafeto (*Coffea arabica* L.) en tres sitios de producción cafetalera de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba de la provincia de Loja.**” de autoría del señorita egresada de la carrera de ingeniería agronómica: **EDITH ALEXANDRA CUENCA CABRERA**, ha sido desarrollado de acuerdo a la planificación y cronograma establecido y más requisitos exigidos por la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja; por lo que autorizo su publicación y presentación a las instancias correspondientes.

Loja, 28 de Julio del 2020



Ing. Max Enrique Encalada Córdova PhD.

DIRECTOR DE TESIS

CALIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

Una vez cumplida la reunión del tribunal de calificación del trabajo final de tesis titulado: **“FENOLOGÍA DEL CAFETO (*Coffea arabica* L.) EN TRES SITIOS DE PRODUCCIÓN CAFETALERA DE MALACATOS, CHAGUARPAMBA Y ZAPOTEPAMBA DE LA PROVINCIA DE LOJA”** de autoría del Srta. Edith Alexandra Cuenca Cabrera egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica.

En tal virtud, nos permitimos calificar el trabajo final consolidado de investigación, está acorde con los requerimientos de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, por lo tanto, se autoriza continuar con los trámites pertinentes.

Loja, 27 de noviembre del 2020.



Firmado electrónicamente por:
EDMIGIO SOLIPS
VALDIVIESO
CARAGUAY

Mg. Sc. Edmigio Valdivieso Caraguay
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Paulina
Vanesa
Fernández
Guarnizo

Digitally signed
by Paulina
Vanesa
Fernández
Guarnizo

Mg. Ing. Paulina Fernández Guarnizo

VOCAL



Firmado electrónicamente por:
KLEVER ANIBAL
CHAMBA
CAILLAGUA

Ing. Klever Chamba Caillagua

VOCAL

AUTORÍA

Yo, Edith Alexandra Cuenca Cabrera declaro ser la autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.



Firmado electrónicamente por:
EDITH ALEXANDRA
CUENCA CABRERA

Edith Alexandra Cuenca Cabrera.

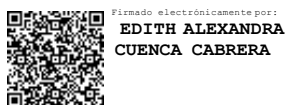
C.I.: 1106052218

Loja, 30 de noviembre del 2020.

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Edith Alexandra Cuenca Cabrera, declaro ser la autora de la tesis titulada “**FENOLOGÍA DEL CAFETO (*Coffea arabica* L.) EN TRES SITIOS DE PRODUCCIÓN CAFETALERA DE MALACATOS, CHAGUARPAMBA Y ZAPOTEPAMBA DE LA PROVINCIA DE LOJA**”, como requisito para optar al grado de ingeniero agrónomo, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios puedan acceder al contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero. Para constancia autorizo y firmo, en la ciudad de Loja, al 30 de noviembre del 2020.



Autor: Edith Alexandra Cuenca Cabrera.

Número de cedula: 1106052218

Dirección: Las Pitás- Consacola.

correo electrónico: eacuencac@unl.edu.ec

Celular: 0939777029

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Ing. Max Enrique Encalada Córdova PhD.

Tribunal de grado: Ing. Edmigio Solifs Valdivieso Caraguay Mg. Sc.

Ing. Paulina Vanesa Fernández Guarnizo Mg.

Ing. Klever Aníbal Chamba Caillagua.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, mi mayor agradecimiento es para Dios por haberme dado salud, vida y haber permitido que estudie esta carrera y por las innumerables bendiciones que me ha brindado día tras día. De la misma manera mi mayor agradecimiento es para mi hermano y mi madre por su apoyo incondicional durante toda mi vida, a mis hermanos y hermanas por ser la motivación que siempre eh necesitado.

Al Ing. Max Encalada Córdova por la dirección de la presente tesis, por el apoyo constante y desinteresado, por haber confiado y designado el presente trabajo, por el acompañamiento durante la ejecución de la tesis, además, por los conocimientos adquiridos durante mi etapa estudiantil; en fin, y por brindarme su amistad durante este trayecto de vida.

Al Ing. Ramiro Jiménez por el apoyo brindado durante la fase de campo de la tesis, de la misma manera por los conocimientos adquiridos durante los ciclos de la carrera y su amistad.

Al tribunal de grado Ing. Edmigio Valdiviezo, Ing. Paulina Fernández e Ing. Klever Chamba, por el aporte para mejorar el presente trabajo.

A los propietarios de las fincas donde se realizó la investigación: Ing. Javier Guayllas, al Sr. Romero y al Centro binacional de Zapotepamba por su colaboración.

Edith Alexandra Cuenca Cabrera.

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios por la vida, la salud, la sabiduría que me permitió culminar con éxitos mis estudios; a mi madre y hermano Elena y Franklin por su apoyo incondicional durante todo este largo proceso, y también a mis otros hermanos por su motivación.

Edith Alexandra Cuenca Cabrera.

ÍNDICE GENERAL.

CERTIFICACIÓN.....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iii
AUTORÍA.....	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLA.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades del cafeto.....	3
2.1.1 Origen y distribución.....	3
2.1.2 Clasificación taxonómica.....	3
2.1.3. Descripción botánica.....	4
2.1.4. Café en el Ecuador.....	4
2.1.5 Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de café.....	5
2.1.5.1 Altitud.....	5
2.1.5.2 Temperatura.....	6
2.1.5.3 Precipitación.....	6

2.1.5.4.....	Viento	6
2.1.5.5. Luz.....		7
2.1.5.6. Humedad relativa		7
2.1.5.7. Suelo.....		7
2.2. Fenología.		7
2.2.1. Fenología del Café.....		8
2.2.2. Fase de desarrollo vegetativo del cafeto.....		8
2.2.3. Fase de desarrollo reproductivo del cafeto.		9
2.2.4. Fase de senescencia del cafeto.		11
2.3. Condiciones climáticas en el desarrollo del cultivo de café.....		12
3. MATERIALES Y MÉTODOS.		14
3.1. Sitio de estudio.....		14
3.1.1. Ubicación geográfica y condiciones climáticas.		14
3.2. Diseño experimental.....		15
3.3. Métodos Generales.....		16
4. RESULTADOS.		19
4.1. Desarrollo fenológico del cafeto en zonas cafetaleras con diferentes altitudes.....		19
4.1.1. Número de brotes.		19
4.1.2. Número de hojas.....		20
4.1.3. Yemas reproductivas.....		21
4.1.4. Numero de Ramillas.....		22
4.1.5. Número de flores en función de temperatura y precipitación en relación con la altitud.		23
4.1.6. Número de frutos en función de temperatura y precipitación en relación con la altitud.....		27
4.1.7. Cantidad de Frutos en distintos estados fenológicos en Malacatos.....		27
4.1.8. Cantidad de frutos en distintos estados fenológicos en Chaguarpamba.....		29
4.1.8. Cantidad de frutos en distintos estados fenológicos en Zapotepamba.		31

4.2. Comportamiento de la temperatura y la precipitación dentro de las zonas cafetaleras de Malacatos, Chaguarpamba y zapotepamba durante un periodo de 10 años.....	32
4.2.1. Comportamiento de la temperatura y precipitación en Malacatos desde el año 2010 hasta el 2020.	33
4.2.2. Comportamiento de la Temperatura y la precipitación en Chaguarpamba desde el año 2010 hasta el 2020.....	34
4.2.3. Comportamiento de la temperatura y la precipitación en Zapotepamba desde el año 2010 hasta el año 2020.....	35
4.3. Condiciones climáticas de temperatura y precipitación obtenidos a partir de los datos históricos de las estaciones meteorológicas de Malacatos, Chaguarpamba y Catacocha, y ascenso y descenso de variables más importantes observadas en las tres zonas cafetaleras de la provincia de Loja.....	36
4.3.1. Ascenso y descenso de flores y frutos durante el proceso de evaluación en función de las variables temperatura, precipitación en relación con la altitud.....	37
5. DISCUSIÓN.....	42
5.1. Análisis del desarrollo y cantidad de las variables analizadas (Número de hojas, brotes, yemas, ramillas, flores y frutos) en tres sitios de producción cafetalera de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba.....	42
5.2. Comparación de las condiciones climáticas de los sitios de estudio.	45
5.2.1. Temperatura.....	45
5.2.2. Precipitación.....	46
6. CONCLUSIONES.....	47
7. RECOMENDACIONES.....	48
8. BIBLIOGRAFÍA.....	49
9. ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 : Descripción del desarrollo del cafeto desde la siembra hasta la emergencia de las semillas: Estado principal de germinación y crecimiento cero	8
Tabla 2 : Desarrollo de las hojas hasta que están completamente abiertas: Estado principal de crecimiento 1	9
Tabla 3 : Formación de ramas, desde el primer par hasta completar 90 pares de ramas: Estado principal de crecimiento 2	9
Tabla 4 : Elongación de las ramas a través de la formación de nudos: Estado principal de crecimiento 3	9
Tabla 5 : Desarrollo de las inflorescencias desde que son yemas florales: Estado principal de crecimiento 5	10
Tabla 6 : Crecimiento de las flores hasta que están completamente abiertas hasta un 90%: Estado principal de crecimiento 6	10
Tabla 7 : Desarrollo del fruto desde el cuajado hasta que alcanza la madurez fisiológica: Estado principal de crecimiento 7	10
Tabla 8 : Desarrollo del fruto desde que inicia el cambio de color de verde a rojo hasta estar listo para cosecha: Estado principal de crecimiento 8	10
Tabla 9 : Inicio de la fase de senescencia del cafeto con el final del crecimiento de los brotes y ramas: Estado principal de crecimiento 9	11
Tabla 10 : Datos de ubicación geográfica y condiciones climáticas de los tres sitios de estudio.	14
Tabla 11 : Delineación del ensayo experimental.	15
Tabla 12 : Cuadro de datos de temperatura, precipitaciones y datos obtenidos de las variables; brotes, hojas, yemas, ramillas y flores.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Ubicación geográfica de los sitios cafetaleros a evaluar	15
Figura 2 : Número de brotes en sistemas agroforestales de café de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba	20
Figura 3 : Número de hojas en sistemas agroforestales de café de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba	21
Figura 4 : Número de yemas en sistemas agroforestales de café de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba	22
Figura 5 : Datos obtenidos de número de ramillas en sistemas agroforestales de café de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba	23
Figura 6 : Suma total de flores durante la evaluación de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba	24
Figura 7 : Número de flores registradas durante la evaluación del sitio 1(Malacatos).....	25
Figura 8 : Número de flores por planta registradas durante la evaluación del sitio 2 (Chaguarpamba).....	26
Figura 9 : Número de flores registradas durante la evaluación del sitio 3(Zapotepamba)	26
Figura 10 : Suma total de frutos en diferentes estados fenológicos en Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba.....	27
Figura 11 : Número de frutos durante la evaluación en los sitios Malacatos	28
Figura 12 : Número total de frutos durante la evaluación en los sitios Malacatos.	29
Figura 13 : Número de frutos durante la evaluación Chaguarpamba	30
Figura 14 : Número total de frutos durante la evaluación en el sitio Chaguarpamba.....	30
Figura 15 : Número de frutos durante la evaluación Zapotepamba.....	31
Figura 16 : Número total de frutos durante la evaluación en los sitios Zapotepamba	32
Figura 17 : Datos de Temperatura y precipitación del sitio Cafetalero de Malacatos.....	33
Figura 18 : Datos de Temperatura y precipitación del sitio Cafetalero de Chaguarpamba. ...	34
Figura 19 : Datos de Temperatura y precipitación para el sitio Cafetalero de Zapotepamba. ...	35
Figura 20 : Gráficas de temperatura y humedad de Malacatos (A), Chaguarpamba (B) y Zapotepamba (C)	36
Figura 21 : Ascenso y descenso de flores en estado 57 dentro de los sistemas agroforestales de cafeto en los sitios Malacatos (A), Chaguarpamba (B) y Zapotepamba (C).....	38
Figura 22 : Ascenso y descenso de frutos en estado 57 dentro de los sistemas agroforestales de cafeto en los sitios Malacatos (A), Chaguarpamba (B) y Zapotepamba (C).....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fotos de los sitios de estudios: Malacatos (A), Chaguarpamba (B) y Zapotepamba (C) respectivamente.	55
Anexo 2: Fotos del seguimiento de las variables analizadas durante 7 meses en los tres sitios de estudio.....	56
Anexo 3. Formato para el registro de la toma de datos en campo.	71
Anexo 4. Medias de las variables; Numero de hojas, brotes, yemas, ramillas.	73
Anexo 5. Medias de las variables número de flores y frutos durante el periodo de evaluación desde septiembre 2019 a marzo del 2020.....	75
Anexo 6. Medias mensuales de temperatura de datos históricos de 10 años de las estaciones meteorológicas Malacatos, Chaguarpamba y Catacocha.	76
Anexo 7. Medias mensuales de precipitación a de datos históricos de 10 años de las estaciones meteorológicas Malacatos, Chaguarpamba y Catacocha.	79
Anexo 8. Fotografías del proceso de evaluación de café dentro de los sitios cafetaleros Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba durante el periodo septiembre 2019 a marzo 2020.	80

**Fenología del cafeto (*Coffea arabica* L.) en tres sitios de producción
cafetalera de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba de la
provincia de Loja.**

RESUMEN.

La investigación titulada “Fenología del cafeto (*Coffea arabica* L.) en tres sitios de producción cafetalera de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba de la provincia de Loja”, cuyo objetivo fue caracterizar los estados fenológicos de la planta de cafeto con condiciones climáticas diferentes mediante el uso de la escala BBCH amplificada (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) se realizó dentro de tres zonas cafetaleras ubicadas a una altitud de 900, 1 540 y 1 680 m s.n. m., con temperaturas de 18° a 23°C y precipitaciones de 23 a 156 mm anuales; se seleccionaron 10 plantas de café de manera aleatoria con 5 años de edad, eligiendo por planta tres ramas del tercio medio, con un total de nueve muestreos a intervalos de 20 días. Se evaluaron desde septiembre del 2019 hasta marzo del 2020 las siguientes variables: número de hojas, de brotes, de yemas, de ramillas, de flores y de frutos. Para la variable flores se utilizaron los siguientes códigos; 53, 57, 59, 60 y para frutos 70, 71, 73, 75, 77, 79, 81. Los datos del número de brotes fue diferente entre sitios, mientras que el número de hojas, flores y ramillas fue bastante similar; además la mayor diferencia dentro de cada sitio, fue el número de yemas reproductivas y frutos. Durante la evaluaciones, en Malacatos se registraron los siguientes promedios: 4,9 brotes, 21,1 hojas, 8,2 yemas, 3,1 ramillas, 3,0 flores de E57 y 39,6 total de frutos, con temperaturas de 18 a 22,3°C y con precipitaciones de 24 mm a 156 mm, Chaguarpamba presentó los siguientes promedios: 2,6 brotes, 17,3 hojas, 23,3 yemas, 2,0 ramillas, 1,5 flores en estado 57 y 164,6 total de frutos, con temperatura de 20 a 21,1°C y precipitaciones que van de 23,3 hasta 242 mm, por último, Zapotepamba que presentó un promedio de 2,9 brotes, 5,2 hojas, 6,9 yemas, 2,1 ramillas, 3,7 flores en estado 57 y 56,6 total de frutos, presentando un rango de temperaturas de 19,5 a 20,8°C y con precipitaciones de 0,9 hasta 77 mm. De esta manera cada uno de los datos registrados de flores y frutos, muestran la influencia directa de los factores climáticos sobre cada una de estas variables.

Palabras claves: Fenología, cambio climático, temperatura, precipitación.

ABSTRACT

The research entitled "Phenology of the coffee tree (*Coffea arabica* L.) in three coffee production sites of Malacatos, Chaguarpamba and Zapotepamba of the province of Loja", whose objective was to characterize the phenological states of the coffee plant with different

climatic conditions, through The use of the amplified BBCH scale (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) was carried out within three coffee-growing zones located at an altitude of 900, 1 540 and 1 680 m s.n.m, with temperatures of 18 ° to 23 ° C and annual rainfall of 23 to 156 mm; 10 coffee plants were randomly selected at 5 years of age, choosing three branches from the middle third per plant, with a total of nine samplings at intervals of 20 days. The following variables were evaluated from September 2019 to March 2020: number of leaves, shoots, buds, twigs, flowers and fruits. For the variable flowers, the following codes were used; 53,57,59, 60 and for fruits 70,71, 73, 75, 77, 79, 81. The data on the number of shoots was different between sites, while the number of leaves, flowers and twigs was quite similar; In addition, the biggest difference within each site was the number of reproductive buds and number fruits. During the evaluations, the following averages were recorded in Malacatos: 4.9 shoots, 21.1 leaves, 8.2 buds, 3.1 twigs, 3.0 E57 flowers and 39.6 total fruits, with temperatures of 18 at 22.3 ° C and with rainfall from 24 mm to 156 mm, Chaguarpamba presented the following averages: 2.6 shoots, 17.3 leaves, 23.3 buds, 2.0 twigs, 1.5 flowers in stage 57 and 164.6 total of fruits, with a temperature of 20 to 21.1 ° C and rainfall ranging from 23.3 to 242 mm, finally, Zapotepamba that presented an average of 2.9 shoots, 5.2 leaves, 6, 9 buds, 2.1 twigs, 3.7 flowers in state 57 and total fruit 56.6, presenting a temperature range of 19.5 to 20.8 ° C and with rainfall of 0.9 to 77 mm. In this way, each of the data recorded for flowers and fruits shows the direct influence of climatic factors on each of these variables.

Key words: Phenology, climate change, temperature, precipitation.

1. INTRODUCCIÓN

La importancia económica y social del café ha adquirido un papel fundamental en el desarrollo de la población cafetalera, se cultiva en más de 70 países alrededor del mundo, generando empleo directo a más de 20 millones de personas. En Ecuador el café cuenta con 199 215 ha cultivadas, el 63 % de esta área corresponde a la especie *Coffea arabica* L. y el 37 % a *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. Actualmente se cultiva en las provincias de Manabí y Guayas entre los 300 y 700 m s.n.m y en las provincias de El Oro, Loja, Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Napo, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Bolívar y Chimborazo, entre los 600 y 2 000 m s.n.m. (OIC, 2018).

A partir del 2016 se ha incrementado sostenidamente la producción y el consumo del café, y como consecuencia el adquirir nueva información para aumentar la producción del cafeto es la meta trazada del investigador, lo que incluye estudiar las características de las zonas productivas , tomando en cuenta también la altitud, debido a que esta puede llegar a influir directa o indirectamente en la fenología del cafeto (ANACAFE, 2016) .

El cultivo de café necesita condiciones climáticas específicas para su desarrollo, como un ambiente que contenga la suficiente humedad, temperatura y nutrientes, ya que estos factores son los que influyen sobre la producción potencial de las plantas, además de que la interacción de aquellos puede incrementar o disminuir la producción y por ende el producto final será bueno y de calidad (Miranda, 2016).

Actualmente el problema principal que amenaza directamente al desarrollo de la fenología de las plantas de café es el cambio climático, que hoy en día es una realidad, con un previsible aumento de la temperatura y una disminución de la precipitación anual (Bisang *et al.*,2016), que puede convertirse en un desastre ambiental para los agricultores, debido a su influencia en la calidad y cantidad de fruto producido, lo que conlleva a una baja en la producción.

Dentro de las especies más vulnerables a los aumentos de temperatura y escasez de lluvia ocasionados por el cambio climático está el café, que depende de un rango climático muy estrecho, el mismo que tiene gran influencia en el desarrollo normal de la fenología del café. Siendo así, las proyecciones científicas advierten que el cambio climático puede reducir el área climáticamente adecuada para la producción de café hasta en un 50 %, especialmente en altitudes más bajas, y si no se toman medidas será un peligro latente para la producción del café a nivel mundial (Bisang *et al.*, 2016).

La influencia de la temperatura y precipitación en relación a la altitud de cada sitio sobre la fenología del cafeto a nivel del país y principalmente en nuestro medio es un tema poco estudiado, a pesar de que ocasiona un impacto negativo en el cultivo ya que la floración se produce con mayor frecuencia en las épocas en las que tanto temperatura y humedad es más constante, y si estas dos se dan de manera errónea se producirán anomalías en la floración dando como resultado una baja productividad (Arcila, 2004; Miranda, 2016).

Las condiciones climáticas de una zona influyen directamente en el desarrollo fenológico del cafeto, puesto que al alterarse la temperatura y la humedad se producirá quema de brotes, deshidratación, enfermedades fungosas e incluso el atrofiamiento floral (Villers *et al.*, 2009). De manera similar Zapata (2015) menciona que cada evento fenológico vinculado como brotación, floración, fructificación entre otros, están relacionados con el clima de los sitios en función de las altitudes donde se encuentran establecidos los cultivos.

Por otro lado, se recalca la importancia de este estudio ya que la información adquirida nos da una visión muy clara de la influencia directa de la temperatura y la humedad en relación con la altitud en la producción del café, debido a que la alteración de las mismas afecta al desarrollo fenológico de la planta principalmente a la floración y por ende la fructificación (Alvim, 2009).

El estudio se encuentra insertado en el programa de investigación “manejo sostenible de la caficultura en la región Sur del Ecuador” que tiene pertinencia con la carrera de Ingeniería Agronómica y aportará nuevos conocimientos. Se propuso los siguientes objetivos para su estudio:

Objetivo general

- Evaluar el desarrollo fenológico del cafeto (*Coffea arabica* L.) en tres sitios de producción cafetalera: Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba de la provincia de Loja.

Objetivos específicos

- Caracterizar los estados fenológicos de la planta de cafeto con condiciones climáticas diferentes en tres sitios de producción cafetalera: Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba de la provincia de Loja
- Determinar la influencia de la altura, precipitación y temperatura en el desarrollo fenológico del cafeto en tres sitios de producción cafetalera: Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba de la provincia de Loja.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cafeto

El cafeto es un arbusto perenne cuyo ciclo de vida alcanza hasta 20-25 años dependiendo de las condiciones o sistema de cultivo. A libre crecimiento la planta comienza a producir frutos en ramas de un año de edad, continúa su producción durante varios años y alcanza su máxima productividad entre los 6 y 8 años de edad. La planta puede seguir su actividad por muchos años, pero con niveles de productividad bajos (Arcila *et al.*, 2007). Para lograr una buena floración y fructificación se requiere de condiciones climáticas adecuadas, además de un clima fresco con semisombra y suficiente humedad (Fischersworing y Robkamp, 2001). El café se puede cultivar en un rango altitudinal de 400 a 2 000 m s.n.m. Sin embargo, para obtener la mejor calidad éste requiere de altitudes entre los 1 200 a 2 000 m s.n.m (Icafe, 1998).

2.1.1 Origen y distribución

El cafeto es originario de África tropical de países como Etiopía, Sudán, Kenia y Guinea y se los señala habitualmente como posibles centros de origen, aunque el más aceptado es Etiopía (Jiménez, 2014).

El café es uno de los cultivos más importantes a escala mundial, ocupa el segundo lugar en comercialización detrás del petróleo, siendo cultivado en más de 70 países en vías de desarrollo, generando empleos en forma directa a más de 20 millones de personas. Por lo tanto, juega un papel primordial en la estructura económica, social, estándar de vida y desarrollo de estos países (Alarco, 2011). El aumento en la producción de café en todos estos países es motivado por un incremento en la demanda a escala internacional y a las necesidades económicas de poder producir divisas, al ser un cultivo cuya producción es destinada en un 95% a la exportación (Hernández *et al.*, 2012).

2.1.2 Clasificación taxonómica

El café pertenece al reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, Orden Gentianales, Familia Rubiaceae, género *Coffea* (Davis *et al.*, 2006).

2.1.3. Descripción botánica

Las plantas de cafeto son arbustos de las regiones tropicales del género *Coffea*, tiene 500 géneros y actualmente existen 10 especies cultivadas y 50 silvestres (Monroig , 2012).

Presentan un sistema radicular pivotante (Columbus y Pulgarín, 2002). Está compuesto por un tallo que tiene dos tipos de crecimiento; vertical con una zona de crecimiento activo y el crecimiento lateral (Monroig, 2005).

Las hojas nacen en las ramas laterales en un mismo plano y en posición opuesta (Enríquez & Duicela, 2014). Enríquez y Duicela (2014) mencionan que la flor es hermafrodita. Por otro lado, Monroig (2005) describe que las flores se encuentran en inflorescencia con un número variado de flores. Y finalmente su fruto es una drupa de forma ovalada o elipsoidal ligeramente aplanada, que contiene dos semillas planoconvexas (Columbus y Pulgarín, 2002).

Entre las especies cultivadas se encuentran la arábica y la robusta, las cuales presentan las siguientes características: *Coffea arabica* es genéticamente diferente a otras especies de café, tetraploide $2n = 4x = 44$. Las frutas son ovals y maduran en 7 a 9 meses (TOSTADERO, 2012). Representa el 75% de la producción mundial de café. Produce un café fino y aromático. El cultivo del arábica es a menudo susceptible al ataque por plagas y enfermedades (Marín y Nini, 2010).

Por otra parte, *Coffea canephora* se distingue por ser diploide $2n = 2x = 22$. Es relativamente nueva en la industria del café, pero su importancia es significativa. Se adapta a terrenos llanos, con rendimientos más elevados, es resistente, de alto rendimiento y de facilidad para crecer a bajas temperaturas (Marín y Nini, 2010).

2.1.4. Café en el Ecuador.

Ecuador es un país que posee grandes características para la producción de café. Produce varios tipos de café, pero en menor cantidad en comparación con otros países cafetaleros, y es por ello que la fabricación de café se encuentra en una fase inicial. Representando sólo el 1,14% a nivel de Sudamérica y en cuanto al total mundial el 0,48% (BCE, 2016). Entre los años 2010 y 2014, las exportaciones de café en el país han decrecido en un 56,45%, consecuencia de la caída de precios en el mercado mundial debido a fenómenos naturales como “El Niño”, la reducción del área cultivada, así como de la edad avanzada de los cafetales (COFENAC, 2013).

En Ecuador, el café es cultivado en 19 de las 24 provincias del territorio nacional, en zonas que van desde los 500 hasta los 1 800 m s.n.m, siendo la altura el factor más importante en relación con otros factores que influyen en el normal desarrollo de los estados fenológicos de la planta y así mismo en la calidad del grano (Diaz, 2014). En la provincia de Loja el café arábigo adquiere mayor importancia, ya que la altura que poseen las zonas en las cuales se cultiva le confiere un sabor distintivo, ligeramente ácido con matices de cacao y cardamomo. Esta especie presenta una amplia adaptabilidad en los distintos ecosistemas de las cuatro regiones del Ecuador (XESCOM, 2016).

En la producción de café arábigo en términos generales, se distinguen cinco zonas de producción, Manabí-Guayas de 300 a 700 metros de altura sobre el nivel del mar, El Oro-Loja, de 500 a 2 000 metros sobre el nivel del mar (en la zona sur), la vertiente occidental de los Andes, de 500 a 1 750 metros sobre el nivel del mar, en la parte Centro-Norte, de 500 a 1 500 metros de altura (en las estribaciones orientales) y en la parte Suroriental de 1 000 a 1 800 metros sobre el nivel del mar (XESCOM, 2016).

2.1.5 Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de café.

La calidad del café es el resultado del efecto de diferentes factores que afectan el producto en diferentes etapas, antes y después de la cosecha y donde cada uno de ellos puede diferenciar o aportar cualidades distintas a la bebida. Entre los factores que afectan la calidad del grano antes de la cosecha, están los factores ambientales y el manejo agronómico ya que ejercen una influencia importante en el cultivo (Bharati, 2009).

2.1.5.1 Altitud

Factor que determina las condiciones climáticas de una zona cafetalera y que determina la magnitud floral y que modifica las características físicas del grano. El café cultivado a mayor altitud suele desarrollar más atributos positivos, tales como acidez y aroma, obteniendo así un mejor sabor y calidad de bebida. Gran parte de la influencia benéfica de la altitud en la determinación de la calidad del café es atribuida a los cambios en temperatura y humedad (Sotomayor *et al.*, 1996).

2.1.5.2 Temperatura

La temperatura presenta correlaciones negativas entre sí con la altura, donde por cada 100 m que se asciendan verticalmente se disminuyen entre 0,5 a 0,6 °C (Wintgens, 2004). Una disminución en la temperatura ocasiona que la madurez de los frutos sea más lenta, logrando con ello un grano con mayor acidez, cuerpo y aroma (Sotomayor et al., 1996). A su vez, propicia un mejor llenado del grano y consecuente la producción de granos con mayor peso y con mejor calidad de bebida. El rango de temperatura óptima para *Coffea arabica* está entre 18-22 °C. Por encima de los 25 °C la tasa fotosintética es reducida y por encima de los 30°C el ambiente es seco por lo tanto el follaje se marchita y se cae, dejando expuestas las bayas a la intemperie (Zapata, 2015).

Para preservar la calidad del café se deben mantener temperaturas menores de 20 °C debido a que las temperaturas altas limitan la fotosíntesis (Wintgens, 2004). *Coffea arabica* a grados bajo cero puede morir en pocas horas, mientras que los robustas son todavía menos resistentes a las heladas llegando incluso a peligrar su supervivencia a temperaturas por debajo de los 7°C. Por ello la temperatura ideal para el cafeto esta entre 18 y 22°C, con unas oscilaciones poco marcadas para plantaciones situadas entre los 600 y los 1 600 m s.n.m (Muñoz, 2014).

2.1.5.3 Precipitación

El cafeto necesita precipitaciones bien distribuidas en el año, entre 1 400 – 2 000 mm, tomando en cuenta que el exceso de lluvia ocasiona un efecto negativo sobre la calidad del café y de la misma manera ocurre cuando la presencia de lluvias es nula (Vaast *et al.*, 2005).

2.1.5.4. Viento

La influencia del viento es nociva para el café en dos aspectos básicos. Primero, si los vientos son secos y calientes el desarrollo de la planta se detiene y se marchitan los brotes, como consecuencia la evaporación y la transpiración aumentan, dando como resultado la pérdida de agua de la planta. Segundo, si los vientos son excesivamente fuertes pueden mutilar las ramas con frutos o bien arrancar los frutos cuajados (Amaral,2016). Al margen de ello, y en altitudes superiores a los 1 500 m s.n.m el principal problema provocado por el viento es que remueve

un aire relativamente pobre en oxígeno lo que puede ocasionar una maduración lenta con consecuencias directas en el sabor y aroma del grano cosechado (Muñoz, 2014).

2.1.5.5. Luz

La luz regula el crecimiento del cafeto en función de su duración, intensidad y calidad y a la vez que la planta crea mecanismos de adaptación cuantitativos como la fotosíntesis y la respiración. En estado salvaje el cafeto se desarrolla en ambiente de sombra, aunque desde un punto de vista productivo se ha comprobado que las plantaciones extensivas al sol son las que ofrecen mayor productividad (Muñoz, 2014).

2.1.5.6. Humedad relativa

Cuando la humedad alcanza niveles superiores al 85% se da el ataque de plagas (Trejo *et al.*, 2007), es por ello que la humedad relativa adecuada para el cultivo de café es de 70% principalmente para *Coffea arabica* (Aaron, 2008), o al menos en un rango entre 65 y 85% (Gómez, 2010).

2.1.5.7. Suelo

El cafeto es bastante exigente en cuanto a la calidad del suelo, requiere suelos tipo franco (franco arcilloso, franco arenoso, franco limoso) ricos en materia orgánica, profundos, con buen drenaje y topografía regular (Enríquez y Duicela, 2014). Por otro lado, la profundidad del suelo debe ser de al menos 150 cm debido a su abundante sistema radicular y prefiere un pH del suelo entre 5 y 6 (Jurgen y Janssens, 2010).

2.2. Fenología

Se entiende por fenología al “estudio de los cambios visibles de los procesos vitales básicos que se producen en un vegetal en el transcurso de un ciclo o período y que abarca la foliación, floración, fructificación, colorido otoñal del follaje y su caída con la consecuente exhibición de la estructura de tronco y ramas” (Durán *et al.*, 2013).

Además al estudiar fenología se debe tener en cuenta que la misma se ve afectada por diversos factores, principalmente por la temperatura y la precipitación, ya que estos inciden en la tasa de

desarrollo y el crecimiento, intervienen en numerosos procesos fisiológicos como la fotosíntesis, la transpiración, las velocidades de crecimiento y desarrollo (las diferentes etapas por las que pasa la planta desde la germinación a la madurez de sus frutos) (Ruiz, 2012).

Arcila et al. (2002) señalan que el conocimiento de la fenología es muy importante para la planificación y el manejo de las prácticas culturales como fertilización y el control de enfermedades e insectos.

2.2.1. Fenología del Café

Marín (2012) sostiene que el ciclo fenológico de café transcurre de un estado a otro en un tiempo determinado de 12 meses con cuatro etapas que son bien marcadas, iniciando desde que la planta emerge hasta el momento de su senescencia.

2.2.2. Fase de desarrollo vegetativo del cafeto

El desarrollo vegetativo comprende tres estados es decir la formación de ramas, nudos y hojas (Hack *et al.*, 1992; Arcila *et al.*, 2002).

La escala BBCH ampliada (Hack *et al.*, 1992; Arcila et al., 2002) se utiliza para la descripción de las fases fenológicas del cafeto, con su código decimal asociado de 0 a 9 y comprende las etapas de germinación (Tabla 1), desarrollo de la hoja (Tabla 2), formación de ramas (Tabla 3), elongación de ramas (tabla 4).

Tabla 1 : Descripción del desarrollo del cafeto desde la siembra hasta la emergencia de las semillas: Estado principal de germinación y crecimiento cero (Tomado de Hack *et al.*, 1992; Arcila *et al.*, 2002).

Escala	Descripción
00	Semilla seca
01	Se inicia la imbibición de la semilla
03	Se completa la imbibición de la semilla
05	La radícula brota de la semilla y aparece curvada
06	Elongación de la radícula
07	El hipocótilo sobresale del suelo
09	Emergencia de las semillas han surgido desde el suelo

Tabla 2: Desarrollo de las hojas hasta que están completamente abiertas: Estado principal de crecimiento 1 (Tomado de Hack *et al.*, 1992; Arcila et al., 2002).

Escala	Descripción
10	Cotiledones completamente abiertos
11	Primer par de hojas abierto, pero aún no alcanzan su tamaño final.
12	2 pares de hojas abiertas, pero sin alcanzar su tamaño final.
13	3 pares de hojas abiertas, pero sin alcanzar su tamaño final.
14	4 pares de hojas abiertas
19	9 pares de hojas abiertas

Tabla 3 : Formación de ramas, desde el primer par hasta completar 90 pares de ramas: Estado principal de crecimiento 2 (Tomado de Hack *et al.*, 1992; Arcila et al., 2002).

Escala	Descripción
20	Primer par de ramas primarias visibles
21	0 pares de ramas primarias visibles
22	20 pares de ramas primarias visibles.
23	30 pares de ramas primarias visibles.
29	90 más pares de ramas primarias visibles

Tabla 4: Elongación de las ramas a través de la formación de nudos: Estado principal de crecimiento 3 (Tomado de Hack *et al.*, 1992; Arcila et al., 2002).

Escala	Descripción
31	10 nudos presentes en las ramas
32	20 nudos presentes en las ramas
39	90 nudos presentes en la(s) rama

Pasado este tiempo de crecimiento vegetativo el árbol cada año presentará los siguientes crecimientos:

- ✓ **Crecimiento 1:** En el primer año de vida (tercio inferior de la planta).
- ✓ **Crecimiento 2:** Segundo año de vida (tercio medio de la planta).
- ✓ **Crecimiento 3:** Tercer año de vida (tercio superior de la planta).

2.2.3. Fase de desarrollo reproductivo del cafeto

Comienza con la aparición de las primeras flores. El período de iniciación de esta fase puede estar influenciado por la duración del día (fotoperiodo), la época de siembra, la temperatura y la disponibilidad hídrica.

Tabla 5: Desarrollo de las inflorescencias desde que son yemas florales: Estado principal de crecimiento 5 (Tomado de Hack *et al.*, 1992; Arcila et al., 2002).

Escala	Descripción
51	Las yemas de las inflorescencias se observan como hinchamientos en las axilas foliares
53	Las yemas de las inflorescencias se hacen visibles por encima de las estípulas
57	Flores visibles, con sus corolas pegadas entre sí
58	Flores visibles, separadas entre sí
59	Flores con pétalos alargados (6 a 10 mm de longitud), todavía cerrados.

Tabla 6: Crecimiento de las flores hasta que están completamente abiertas hasta un 90%: Estado principal de crecimiento 6 (Tomado de Hack *et al.*, 1992; Arcila et al., 2002).

Escala	Descripción
60	Primeras flores abiertas.
63	30% de las flores están abiertas
69	90% de las flores están abiertas

Tabla 7: Desarrollo del fruto desde el cuajado hasta que alcanza la madurez fisiológica: Estado principal de crecimiento 7 (Tomado de Hack *et al.*, 1992; Arcila et al., 2002).

Escala	Descripción
70	Frutos visibles como pequeñas cerezas Amarillentas
71	Iniciación del crecimiento de la cereza
73	Frutos de color verde claro y su contenido es líquido y cristalino.
75	Los frutos han alcanzado el 50% de su tamaño final.
77	Frutos han alcanzado el 70% de su tamaño final.
79	frutos han alcanzado el 90% de su tamaño final (madurez fisiológica)

Tabla 8: Desarrollo del fruto desde que inicia el cambio de color de verde a rojo hasta estar listo para cosecha: Estado principal de crecimiento 8 (Tomado de Hack et al., 1992; Arcila et al., 2002).

Escala	Descripción
81	Se inicia el cambio de color del fruto de verde oliva a rojo o amarillo.
85	Incremento en la intensidad del color rojo o amarillo del fruto
88	Fruto está completamente maduro y listo para Cosecha
89	Sobre maduro comienzan a ennegrecerse o secarse los frutos

Tabla 9: Inicio de la fase de senescencia del cafeto con el final del crecimiento de los brotes y ramas: Estado principal de crecimiento 9 (Tomado de Hack et al., 1992; Arcila et al., 2002).

Escala	Descripción
90	Los brotes han alcanzado su desarrollo completo
93	Las hojas más viejas cambian de color verde oscuro a un color amarillo
94	El follaje se torna a un color verde oliva
97	La zona de producción se traslada hacia la parte más superior del tallo
98	La zona de producción se limita a unas pocas ramas de la parte superior de la planta
99	Tratamientos de postcosecha o almacenamiento

Luego de que se da el cuajado del fruto, se produce la maduración del fruto, cuyo proceso se desarrolla en cuatro etapas (repetitivo):

- **Etapa I:** Desde la floración hasta 50 días aproximadamente.
- **Etapa II:** Entre los 50 y 120 días, el fruto crece de manera acelerada y adquiere su tamaño final, y la semilla tiene consistencia gelatinosa.
- **Etapa III:** Entre los 120 y 180 días, la semilla completa su desarrollo, adquiere consistencia sólida y gana peso.
- **Etapa IV:** Entre los 180 y los 224 días, el fruto se encuentra fisiológicamente desarrollado y comienza a madurar.

Se debe destacar que durante las etapas II y III se produce la mayor demanda de agua y de nutrientes por parte del fruto, por ello se debe garantizar la disponibilidad de ambos (ANACAFE, 2014).

2.2.4. Fase de senescencia del cafeto

Se considera que alcanza su desarrollo y productividad máxima entre los 6 y los 8 años de edad, a partir de los cuales la planta se deteriora paulatinamente y su productividad disminuye a niveles de poca rentabilidad. El ritmo de envejecimiento depende de la región donde se establece el cultivo, la densidad de siembra, la intensidad de la producción, la disponibilidad de nutrimentos, la presencia de plagas y enfermedades o del estrés ambiental entre otros (Arcila, 2006).

2.3. Condiciones climáticas en el desarrollo del cultivo de café

La temperatura y la humedad influyen directamente en la fenología del cafeto, según un estudio realizado en México donde se observó que la humedad mayor a 90.0% ocasiona riesgo de que la planta se enferme con hongos y la temperatura menor a 16 grados produce quema de brotes, por ello la temperatura óptima debe ser entre los 17 a 22°C porque si la temperatura sobrepasa los 25 grados hay una reducción de la fotosíntesis (Andrade, 2014).

Por otra parte, en Costa Rica se determinó que las épocas en las cuales la temperatura es alta y la humedad tiende a disminuir, el crecimiento vegetativo es limitado, pero a fines de ese periodo se inicia un ciclo de gran actividad vegetativa la misma que desciende con una disminución en la precipitación. Por ello, con el aumento de las lluvias la temperatura disminuye y por lo tanto el crecimiento vegetativo aumenta igualmente (Miranda, 2016).

Además, se ha demostrado en Costa Rica que las épocas lluviosas, donde la temperatura y la humedad varían considerablemente la producción de café se ve influenciada, ya que la floración se produce con mayor frecuencia y de la misma manera ocurre con el crecimiento vegetativo (Miranda, 2016).

A partir de datos previamente recolectados en un estudio en Israel sobre el desarrollo vegetativo del cafeto, se determinó que el desarrollo de los nuevos brotes de la planta de café está directamente sometidos a factores climáticos. A partir de allí se establece que el crecimiento y desarrollo de la brotación en general está asociado al período lluvioso y a la temperatura (Peters, 2014). De la misma manera a nivel de floración, la temperatura y la humedad estimulan su proceso. En Costa Rica se ha observado que la floración ocurre después de una baja (relativa) de temperatura seguida de fuertes lluvias haciéndose difícil separar la influencia de los dos factores (Olivares y Jiménez, 2013).

Las observaciones fenológicas en café realizadas en Venezuela determinaron principalmente que la floración está directamente influenciada por las diferentes condiciones climáticas, además de las características que posee la planta como variedad y la edad de la planta (Padilla, 2018). Por otra parte, según los últimos datos obtenidos en Brasil se ha determinado que el aumento de las temperaturas y los cambios en los patrones de lluvia causan impactos en el sector del café (Camargo y Pereira, 2002).

2.3.1. influencia de la altitud en la productividad y calidad del café

La altitud tiene influencia directa con la cantidad de flores que se producen en el cultivo y también a la vez modifica las características físicas del grano tomando en cuenta que el café cultivado a altitudes superiores a los 1 700 m s.n.m presenta un color verde gris azulado y es de menor tamaño pero es más denso y con una ranura irregular y cerrada, siendo un grano que desarrolla más atributos positivos tales como acidez y aroma, obteniendo así un mejor sabor y calidad de bebida, mientras tanto el café que se encuentra a altitudes que van desde los 300 a los 900 m s.n.m es verde pálido, con ranura abierta, regular y es menos denso y con menor aroma, su sabor no es muy apetecible por en el mercado (Herrera, 2006) . En sí, la influencia benéfica de la altitud en la productividad y la calidad del café está en que este factor es aquel que determina los cambios en la temperatura y humedad dentro del cultivo lo que favorece positivamente a la planta (Painter,2003).

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Sitio de estudio

El estudio se realizó en Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba de la provincia de Loja.

3.1.1. Ubicación geográfica y condiciones climáticas

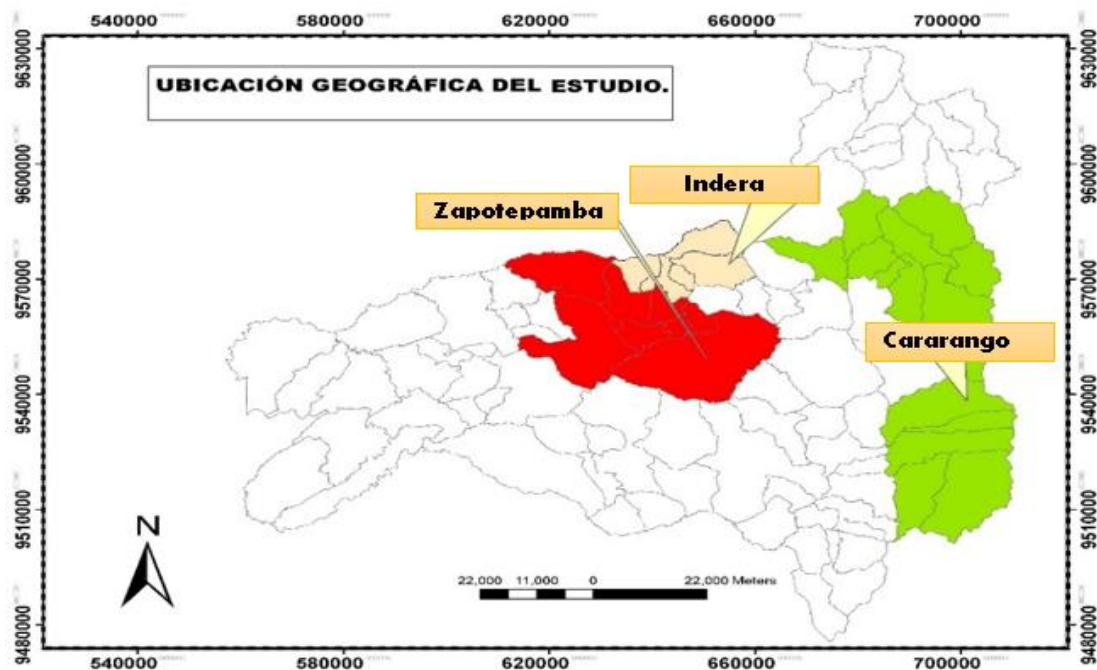
En la Tabla 10 se detalla la ubicación y las condiciones climáticas de cada uno de los sitios de estudio obtenidos mediante el uso de GPS y datos consultados de literatura.

Tabla 10:Datos de ubicación geográfica y condiciones climáticas de los tres sitios de estudio.

Sitio	Latitud	Longitud	Altitud (m s.n.m)	Temperatura (°C)	Humedad (%)
Cararango	04°,00',00" S	79°,13',00" O	1 680	20° C	73 %
Chaguarpamba	03°,52',23" S	79°, 38', 27" O	1 450	21 ° C	70 %
Zapotepamba	04°,01',01" S	79° ,47',17" O	900	24°C	76 %

Fuente: Datos obtenidos del GPS, Inamhi y del centro Binacional Zapotepamba.

Por otra parte, en la Figura 1 se muestra los sitios de estudios ubicados geográficamente, donde se puede apreciar a Cararango ubicado en la parroquia de Malacatos, Indera ubicada en el cantón Chaguarpamba y por último zapotepamba ubicado en el cantón paltas.



Fuente: El autor.

Figura 1 : Ubicación geográfica de los sitios cafetaleros a evaluar: Cararango, Indera y Zapotepamba de la provincia de Loja

3.2. Diseño

Este trabajo fue una investigación no experimental con tres tratamientos, cada tratamiento con 10 repeticiones, siendo así la unidad de estudio las 3 ramas de café (Tabla 11) de la variedad Caturra. Se seleccionaron 10 plantas con características similares (edad, tamaño, distribución de ramas) dentro de cada plantación de forma al azar. Los tratamientos fueron temperatura y precipitación en función de la altitud y se midieron de acuerdo a los tres sitios de estudio (Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba). Para evaluar la influencia de los factores mencionados, se marcaron con etiquetas tres ramas del tercio medio de cada planta (Anexo 1), y finalmente se contabilizaron los distintos estados fenológicos de cada rama con direcciones diferentes (N, S y E) cada 20 días.

Tabla 11: Delineación del ensayo.

Número de tratamientos	3
Número de repeticiones	10
Unidad de estudio	3 ramas
Número de unidades de estudio	30

3.3. Métodos Generales

Para dar cumplimiento a los objetivos previamente establecidos se consideraron los siguientes datos:

Para el estudio se utilizaron plantas de café de tres a cuatro años de edad, sembradas bajo condiciones de sombrero provisto de árboles de guineo y guabo que se caracterizan por ser cultivos temporales, las evaluaciones se realizaron cada 20 días con un lapso de duración de siete meses en el periodo de septiembre 2019- marzo 2020.

Las variables evaluadas en la presente investigación fueron:

- **Variables independientes**

- ✓ Temperatura
- ✓ Precipitación
- ✓ Altitud

- **Variables dependientes**

- Número de hojas.
- Número de brotes vegetativos.
- Número de ramas.
- Número de yemas reproductivas.
- Número de flores.
- Número de frutos.

Para el objetivo 1: “Caracterizar los estados fenológicos de la planta de cafeto con condiciones climáticas diferentes en tres sitios de producción cafetalera: Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba de la provincia de Loja.”

Para dar cumplimiento al primer objetivo a cada planta seleccionada se le contabilizó el número de hojas, brotes vegetativos, botones florales, flores, frutos y por último el número total de ramillas con el fin de determinar los procesos fenológicos en las tres ramas con dirección N, S y E. Cada variable se evaluó cada 20 días y para determinar el estado en el cual se encontraban las yemas reproductivas, las flores y los frutos se utilizó la escala de la BBCH (Hack *et al.*, 1992; Arcila *et al.*, 2002).

-**Número de ramillas:** Se registró la presencia de ramillas durante todo el proceso de evaluación, luego se hizo un promedio de la cantidad de ramillas por planta y finalmente se realizó una comparación en la cantidad de ramillas en función de los cambios climáticos dentro de los tres sitios de estudio

-**Número de hojas:** Se procedió a contabilizar las hojas de cada una de las ramas que fueron seleccionadas, al inicio de la evaluación, en plena floración, hasta el final de la evaluación para que de la misma manera proceder a sacar la media de los datos por planta para realizar comparación de datos entre los tres sitios.

-**Número de brotes:** Se contabilizó el número de brotes por rama de cada una de las plantas, luego se establecieron parámetros entre la cantidad de brotes por sitio considerando las condiciones climáticas durante la evaluación, y para ello se realizó un registro de datos.

-**Número de yemas productivas:** De cada rama seleccionada del tercio medio de la planta se contabilizó el número de yemas productivas, luego se sacó un promedio de las tres ramas por planta y se estableció un dato total por zona, realizando así su respectivo análisis y la comparación de datos de cada sitio.

- **Números de flores:** Se contabilizó y determinó el número de flores en distintos estados fenológicos que existían en las tres ramas por planta y luego de se hizo un promedio para establecer un dato total por zona y finalmente se estableció las diferencias existentes entre los tres sitios.

-**Números de frutos:** A partir de cada ramilla etiquetada para el seguimiento del desarrollo de la floración se contabilizó todas las flores cuajadas a partir de ello se procedió a realizar la toma de datos de cada una de las etapas del crecimiento del fruto hasta que alcancen su madurez fisiológica.

Para el objetivo 2: “Determinar cómo influyen las condiciones de precipitación y temperatura en el desarrollo fenológico del cafeto en tres sitios de producción cafetalera: Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba de la provincia de Loja”

Para determinar los parámetros de influencia de la precipitación y temperatura dentro del proceso fenológico, se realizó un registro de datos climáticos de la temperatura y precipitación mensual de cada sitio a evaluar durante los últimos 10 años lo que nos permitió establecer una realidad actual de cómo se encontraban los sitios y de proyectar la temperatura y precipitación para las fechas actuales de la evaluación.

Para analizar los datos comparativos de la fenología se procedió a establecer diferencias entre el número de yemas vegetativas, yemas reproductivas, hojas, flores, frutos y ramillas por cada sitio en función de altitud, temperatura y precipitación, para determinar si la cantidad de cada variable contabilizada tiende a variar o presenta semejanzas entre las plantas de los sitios de estudio.

Cada una de las variables mencionadas anteriormente se describieron a través de la escala utilizada. Luego los valores que se obtuvieron de cada una de las variables se analizaron por cada mes.

Para esta investigación se utilizaron datos de temperaturas y humedad recolectadas de las estaciones meteorológicas de Malacatos (M0143), Chaguarpamba (M0754) y Catacocha (M0415), que fueron las más cercanas a los sitios de estudio (Anexo 2) y luego se realizaron cálculos pertinentes para la proyección de la temperatura y precipitación mensual para cada sitio identificándose sus semejanzas y diferencias dentro del desarrollo fenológico.

Finalmente, luego de haber recolectado cada uno de los datos fenológicos, se procedió a establecer relaciones mediante el análisis los datos para establecer comparaciones entre cada variable dentro de los tres sitios.

Para el análisis estadístico de cada uno de los datos se realizó un promedio general de cada variable dependiendo de la fecha por cada sitio mediante el uso de Excel se graficó todas las medias obtenidas para determinar las diferencias significativas entre los promedios de cada una las variables para a partir de allí graficar la tendencia de apareamiento y desarrollo de las variables en el tiempo de evaluación.

4. RESULTADOS.

4.1. Desarrollo fenológico del cafeto en zonas cafetaleras con diferentes altitudes

El desarrollo del cafeto en los sitios de producción cafetalera de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba presentó diferencias entre el número de brotes, hojas, flores, frutos, yemas reproductivas y ramillas durante el periodo de evaluación, donde la variable más cambiante y representativa fue el número de yemas reproductivas la misma que alcanzó un promedio máximo de 150,7 y un promedio mínimo de 1,8 (por evaluación) a diferencia de las demás variables que se mantuvieron más estables dentro de todos los sitios.

4.1.1. Número de brotes

La presencia de brotes durante la evaluación fue diferente entre los sitios de estudio, Malacatos a una altitud de 1 680 m s.n.m presentó valores mayores en comparación a Chaguarpamba y Zapotepamba con un promedio máximo de 5,6 en el mes de enero y un mínimo de 4,3 en septiembre, seguido de Zapotepamba con un máximo de 3,6 en febrero y un mínimo de 1,9 en noviembre y finalmente está Chaguarpamba con un máximo de 3,3 en febrero y un mínimo de 1,9 en septiembre, siendo Malacatos el sitio con valores promedios más representativos (Figura 2). Malacatos al poseer una altitud superior a los demás sitios registra temperaturas más óptimas para el desarrollo de café arábica con valores de 18 a 22°C (Anexo 6) aunque por otro lado las precipitaciones también han sido constantes durante los últimos meses de evaluación con valores de 24 mm a 156 mm (Anexo 6), que influye en el desarrollo vegetativo directamente.

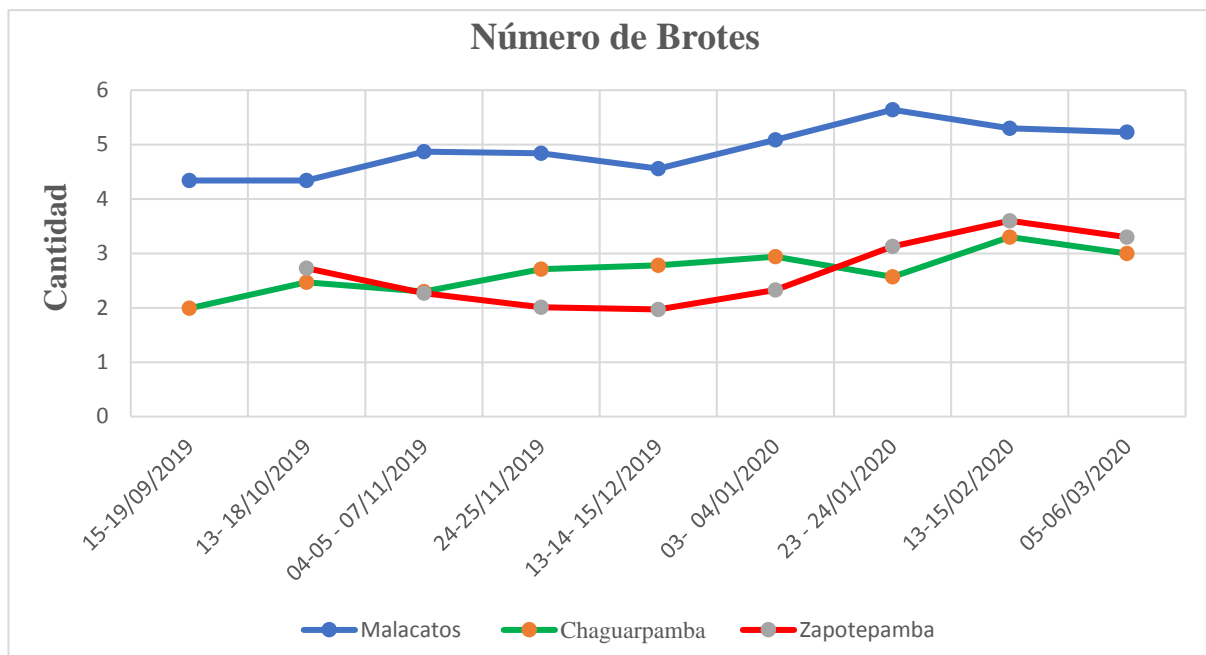


Figura 2 : Número de brotes en sistemas agroforestales de café de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba en septiembre del 2019 a marzo del 2020.

4.1.2. Número de hojas

El número de hojas fue constante y similar entre cada sitio durante la evaluación, Malacatos presentó un promedio máximo de 26,5 en enero y un mínimo de 17,2 en octubre, seguido de Zapotepamba con un máximo de 24,5 en noviembre y un mínimo de 15 en febrero y finalmente está Chaguarpamba con un máximo de 20,3 en febrero y un mínimo de 14,7 en octubre, siendo Malacatos el sitio con valores promedios más representativos (Figura 3). Se debe tomar en cuenta que la mayor formación de hojas nuevamente se dio en el sitio cafetalero ubicado a mayor altitud (Cararango-Malacatos) debido a que dicho sitio presentó temperaturas óptimas con precipitaciones constantes (Anexo 6) durante el proceso de evaluación.

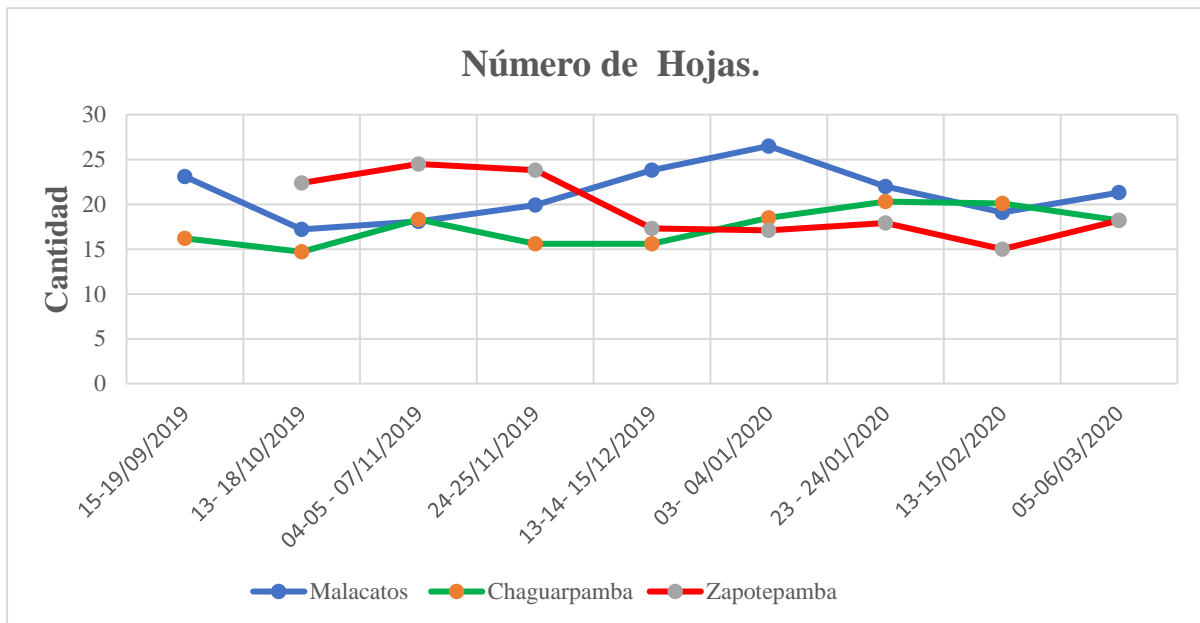


Figura 3 : Número de hojas en sistemas agroforestales de café de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba de septiembre del 2019 a marzo del 2020.

4.1.3. Yemas reproductivas

En relación al número de yemas reproductivas durante la primera evaluación se obtuvo un promedio claramente sobresaliente de 150,7 en Chaguarpamba en septiembre mientras que en el resto de evaluaciones las observaciones se mantuvieron con valores promedios de 1,9 en enero a 4,2 en octubre, resaltando que en los meses de febrero y marzo los valores de esta variable dentro de este sitio fueron de 0, mientras que en Zapotepamba y Malacatos la presencia de yemas reproductivas fue constante pero en menor cantidad desde la primera evaluación.

Zapotepamba presentó un valor máximo de 13,5 en octubre y un mínimo de 2,5 en marzo y finalmente está Malacatos con un máximo de 11,5 en septiembre y un mínimo de 3,6 en octubre, siendo Malacatos el sitio con valores promedios más representativos (Figura 4). Además se destaca que la época de emisión de yemas en Chaguarpamba fue solamente hasta noviembre a diferencia de Malacatos y Zapotepamba que a pesar que disminuye jamás desaparece. Una de las razones por lo que se pudo apreciar esto fue debido la presencia de frutos en gran cantidad, pero principalmente esta característica se les atribuye a las condiciones climáticas de las zonas, ya que a partir de diciembre a pesar de que la temperatura fue óptima, las precipitaciones fueron constantes (Figura 20) lo que no favorece a la floración que requiere de periodos secos definidos.

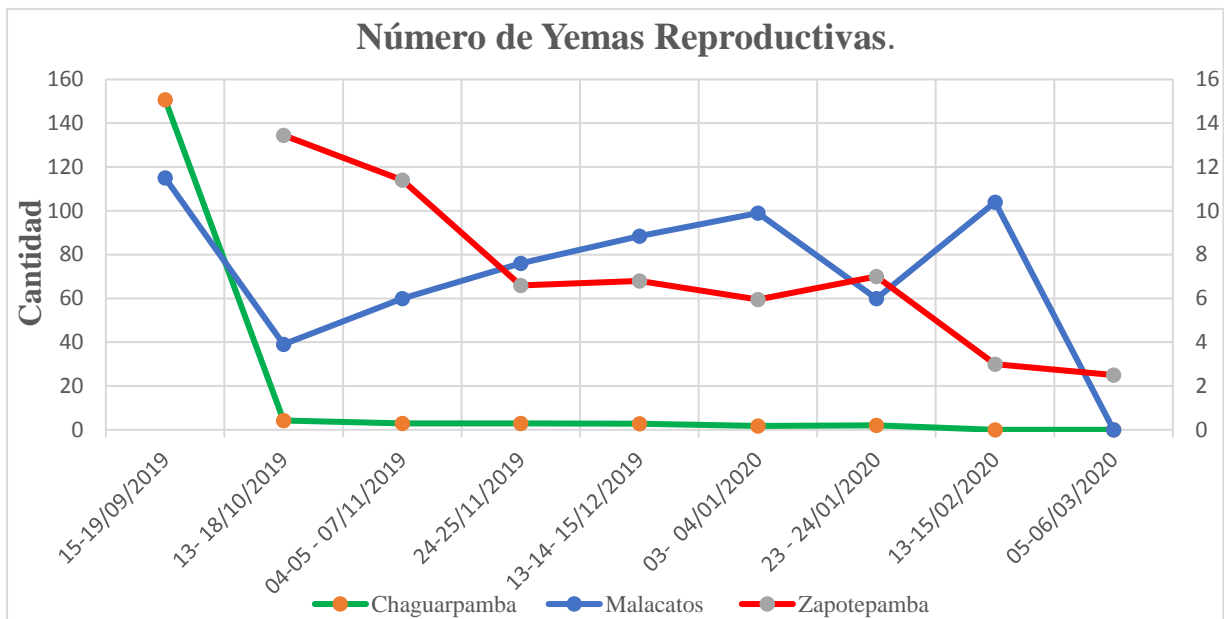


Figura 4 : Número de yemas en sistemas agroforestales de café de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba en septiembre del 2019 a marzo del 2020.

4.1.4. Número de Ramillas

Con respecto al número ramillas los promedios obtenidos fueron mayores en Malacatos con un máximo de 5,2 en febrero y un mínimo de 1,8 en octubre, seguido de Zapotepamba con un promedio de 2,7 en octubre y un mínimo de 1,3 en diciembre manteniéndose constante durante los meses de evaluación mientras que Chaguarpamba presentó un promedio máximo de 2,6 en febrero- marzo y un mínimo de 1,8 desde septiembre hasta enero (Figura 5).

La cantidad de ramillas elevadas se dio debido a que las condiciones climáticas dentro de cada sitio no fueron las indicadas para que se produzca la floración, Malacatos presentó la mayor cantidad de esta variable porque al presentar temperaturas óptimas, pero con precipitaciones constantes desde septiembre hasta marzo lo que no favoreció la formación y desarrollo de yemas florales ya que estas requieren de un equilibrio entre la temperatura y la humedad.

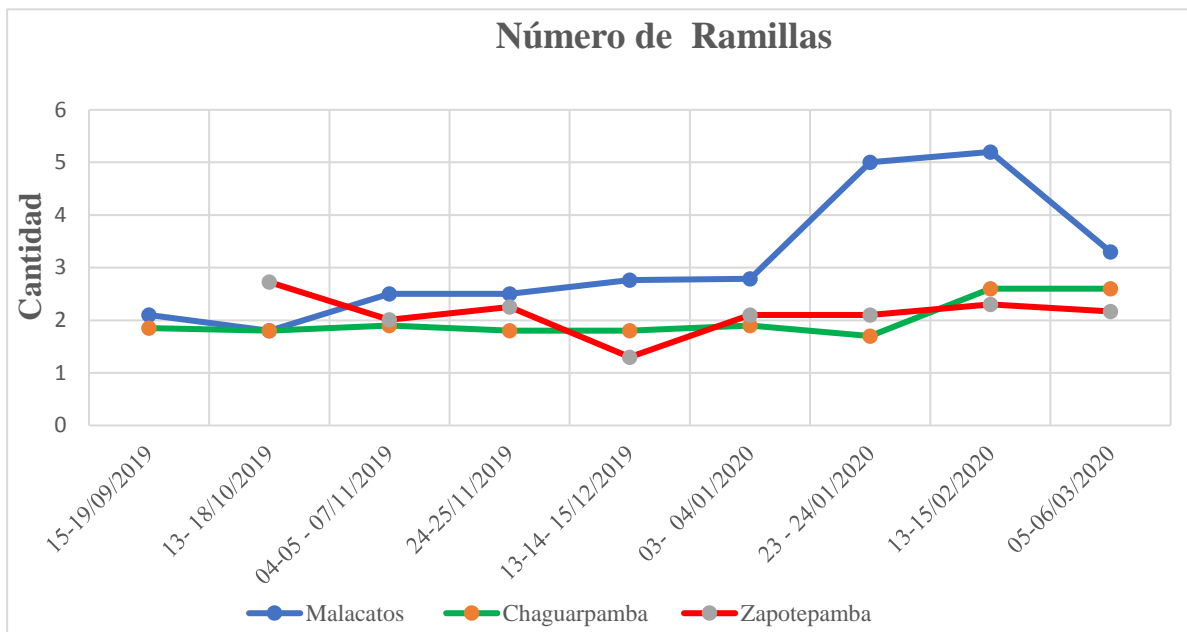


Figura 5 : Datos obtenidos de número de ramillas en sistemas agroforestales de café de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba de septiembre del 2019 a marzo del 2020.

4.1.5. Número de flores en función de temperatura y precipitación en relación con la altitud

De todos los estados fenológico de la flor descritos por la escala BBCH en nuestras zonas de estudio se registró únicamente el estado E57 durante los siete meses evaluados y se observaron claras diferencias, Malacatos con una suma total de flores de las 10 plantas de 30,66, Zapotepamba con una suma total de 26,35 y finalmente está Chaguarpamba con un total de 10,4 (Figura 6) respectivamente. Como se puede apreciar la mayor cantidad de flores se encuentran en el sitio ubicado a 1 680 m s.n.m seguido zapotepamba que está a una altitud de 900 m s.n.m y finalmente se encuentra Chaguarpamba a una altitud de 1 450 m s.n.m. Dando como resultado que la cantidad de flores tiende a variar debido a que a que la temperatura y precipitación de las zonas son diferentes debido a su altitud.

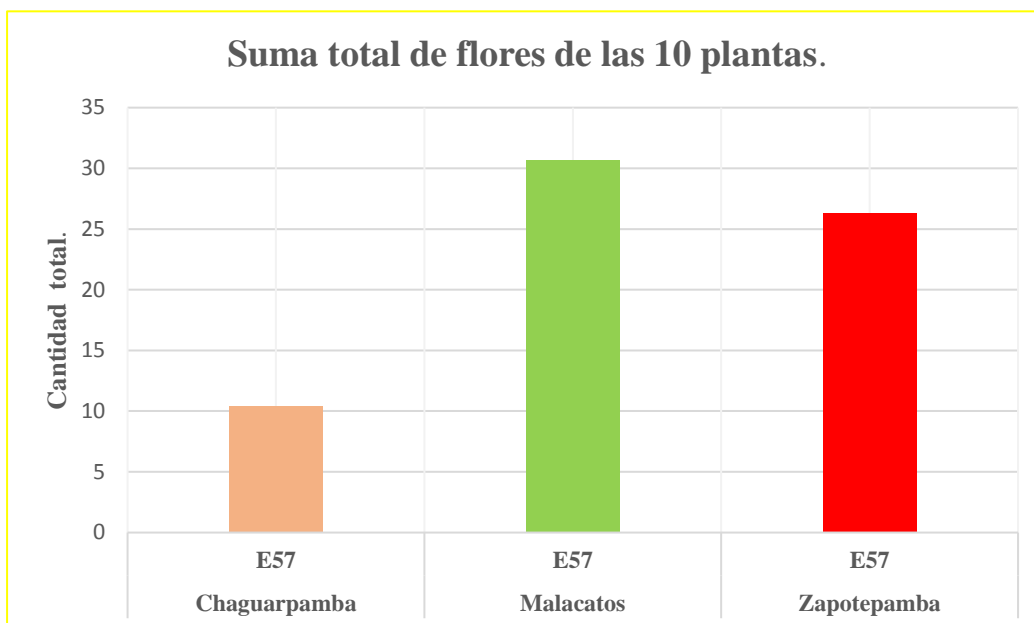


Figura 6 : Suma total de flores durante la evaluación de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba evaluadas en septiembre del 2019 a marzo del 2020.

Correspondiente a flores en estado E57 se observaron claras diferencias, Chaguarpamba registró un promedio total de flores de las 10 plantas por evaluación de 5,6 (Figura 8), mientras que en los otros dos sitios se registraron valores de 5,7 en Malacatos (Figura 7) y 7,13 en Zapotepamba (Figura 9) respectivamente.

En la Figura 7 se observa la presencia continua de flores durante los meses de evaluación, presentando valores promedios desde 2,1 en octubre a 5,6 en los meses de noviembre y enero, aunque en el mes de febrero se registró un valor de 0, siendo el promedio por evaluación más bajo dentro de este sector.

La presencia de flores en dicho estado se mantuvo hasta el mes enero donde las temperaturas registradas se encontraron dentro de un rango de 19,1 a 22,3°C y las precipitaciones mensuales con un promedio de 24 a 87 mm, mientras que en la evaluación realizada en febrero donde la temperatura fue de 18,3°C y la precipitación de 94 mm (Figura 20), se registró un descenso en el promedio de flores con un valor de 0 la misma que para el mes de marzo nuevamente inicia un ascenso considerable en la cantidad de flores resultado de la acción de las condiciones climáticas.

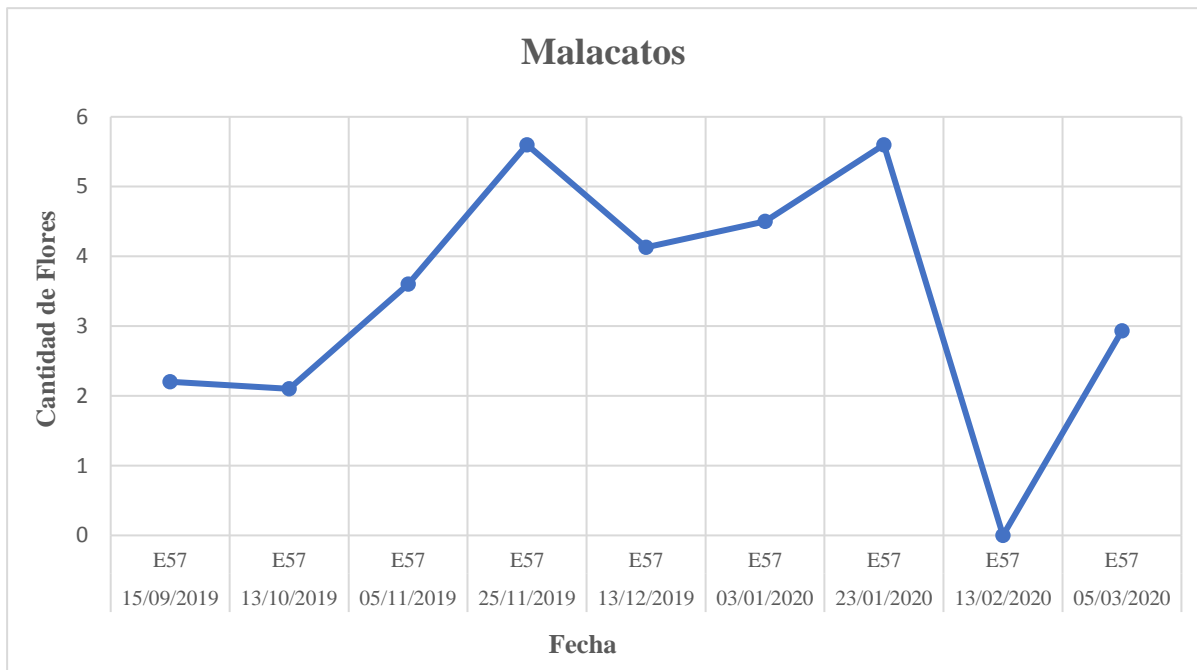


Figura 7 : Número de flores registradas durante la evaluación del sitio 1(Malacatos) en septiembre del 2019 a marzo del 2020.

En la Figura 8 se observa los promedios obtenidos de la variable número de flores en Chaguarpamba durante los meses de evaluación, el cual fue distinto a los demás sitios debido a que durante la evaluación la presencia de flores fue bastante baja, registrándose datos de 0 flores durante los meses de septiembre, enero, febrero y marzo. Solamente se registró datos de flores en octubre con un promedio total mínimo en octubre de 2,1 y total máximo de 5,7 en diciembre.

En los datos de flores obtenidos en Chaguarpamba durante el mes de noviembre se observó un ascenso en el E57 hasta el mes de diciembre donde la temperatura promedio registrada fue desde 20,3 a 22,3 °C con precipitaciones de 40 a 220 mm mensuales (Figura 20) pero a partir de enero donde se registró una temperatura de 21,3°C y precipitación de 134 mm (Figura 20) se registró un descenso muy marcado de flores en este sitio ubicado a 1 450 m s.n.m.

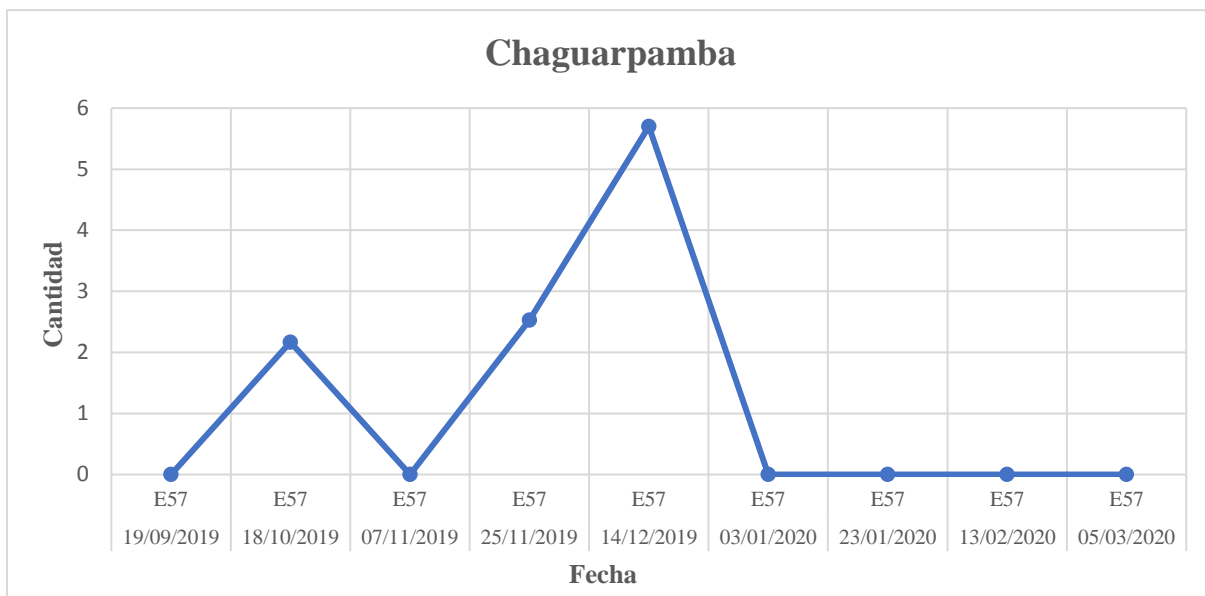


Figura 8 : Número de flores por planta registradas durante la evaluación del sitio 2 (Chaguarpamba) en septiembre del 2019 a marzo del 2020.

Con respecto al Sitio 3 (Zapotepamba) este se caracterizó por presentar un continuo ascenso y descenso de flores en estado 57 desde octubre hasta febrero, los datos registrados durante los meses de evaluación fueron de 2 a 7,1 donde la temperatura promedio mensuales fue de 20,8°C a 21,2°C, con precipitaciones de 24,1 a 84,1 mm. Pero en los meses de septiembre, febrero y marzo se registró valores de 0 flores donde la temperatura fue de 22, 2°C a 23,1°C y la precipitación de 77,1 mm a 95,2 mm.

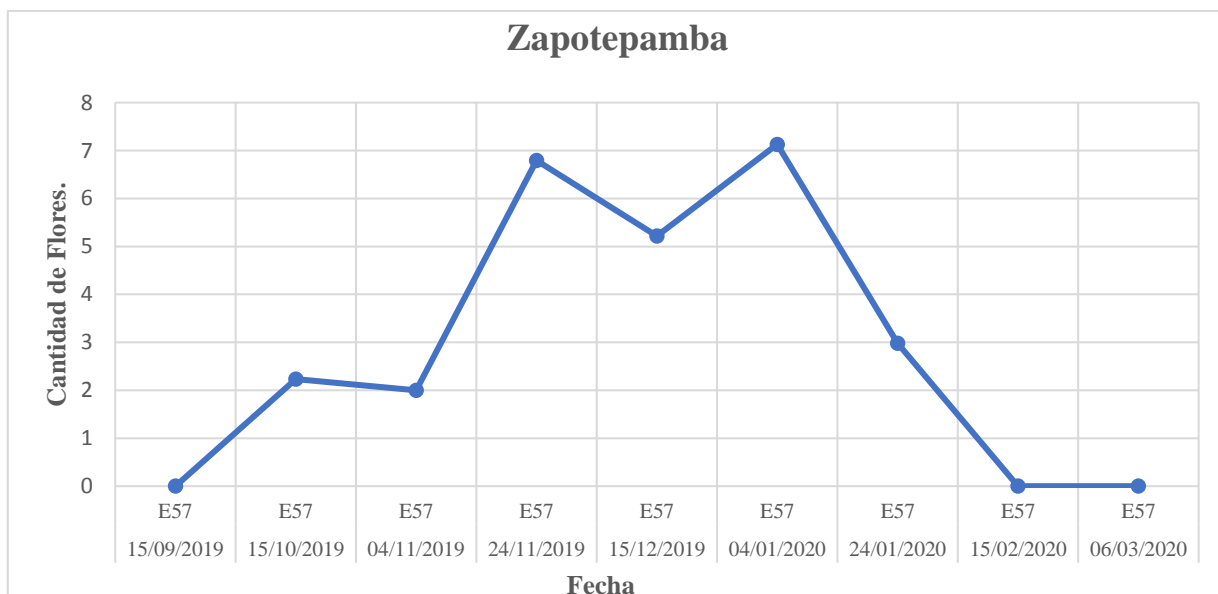


Figura 9 : Número de flores registradas durante la evaluación del sitio 3(Zapotepamba) en septiembre del 2019 a marzo del 2020.

4.1.6. Número de frutos en función de temperatura y precipitación en relación con la altitud

Durante el periodo de estudio se pudo observar siete estadios fenológicos diferentes 70, 71, 73, 75, 77, 79, 81 descritos por la escala de la BBCH. El valor máximo de frutos fue del estado 70 con una suma total frutos de las ramas de las 10 plantas de 3 490 y un valor mínimo de 447 del estado 79 en Chaguarpamba que se encuentra ubicado a 1 450 m s.n.m, siguiendo con el registro de datos el segundo sitio con mayor producción fue Zapotepamba a una altitud de 900 m s.n.m en donde la producción se ha mantenido constante con valores máximos de 647 frutos del estado 79 y una mínima de 25,6 frutos del estado 81. En Malacatos ubicado a 1 680 m s.n.m la producción de frutos fue bastante variable con respecto principalmente a Chaguarpamba, aquí se encontró el mayor número de frutos en el estado 70 con un total de 387 y un promedio mínimo de 122 que correspondió al estado 79 durante los cinco primeros meses (Figura 10).

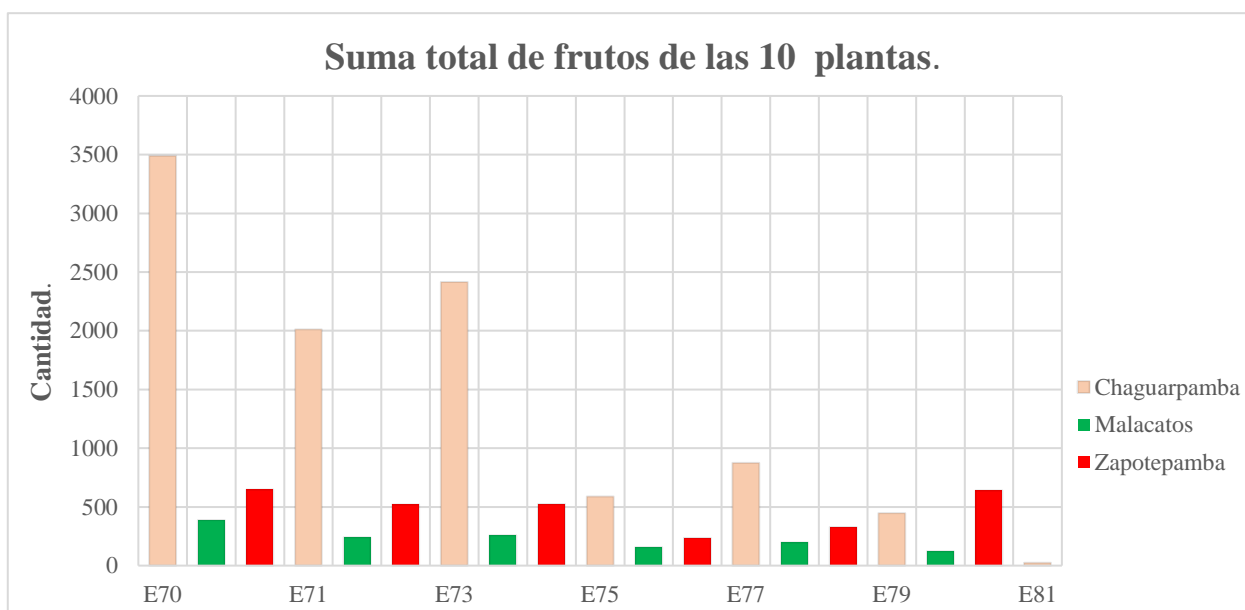


Figura 10 : Suma total de frutos en diferentes estados fenológicos en Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba evaluadas en septiembre 2019 a marzo 2020.

4.1.7. Cantidad de Frutos en distintos estados fenológicos en Malacatos

Durante el registro de datos realizado en el periodo de evaluación septiembre 2019 a marzo 2020, en el sector Malacatos se observó varios estados del desarrollo fenológico del fruto del café desde el estado 70 hasta el estado 79, no obstante, durante la primera evaluación se observó únicamente el estado 70, la presencia de dicho estado fue constante durante todos los meses evaluados. Se registró un promedio máximo por evaluación de 20,0 en octubre y un valor

mínimo en 4,3 en septiembre de dicho estado, en la segunda evaluación se registró un nuevo estado que fue el estado el E73.

A partir de la cuarta y la quinta evaluación se registraron nuevos estados los cuales fueron el estado 75, 77, 79. La presencia de cada estado fue constante durante los primeros meses como se puede observar, partir del mes de enero la reducción en el número de frutos es bastante notable principalmente en el estado 70, 71, y 73 pero también se presentó un incremento en el número de frutos en estado 75, 77 y 79 (Figura 11).

En Malacatos el crecimiento de los frutos fue en ascenso desde el mes de septiembre y alcanzó un pico máximo en el mes de octubre donde la temperatura fue 18,2°C y precipitación de 94 mm, favoreciendo directamente a la formación y desarrollo del fruto. Pero a partir de enero donde las temperaturas fueron de 19,1°C a 20,1°C y las precipitaciones de 87 mm a 156 mm mensuales se presentó una reducción en la cantidad de los frutos en los diferentes estados.

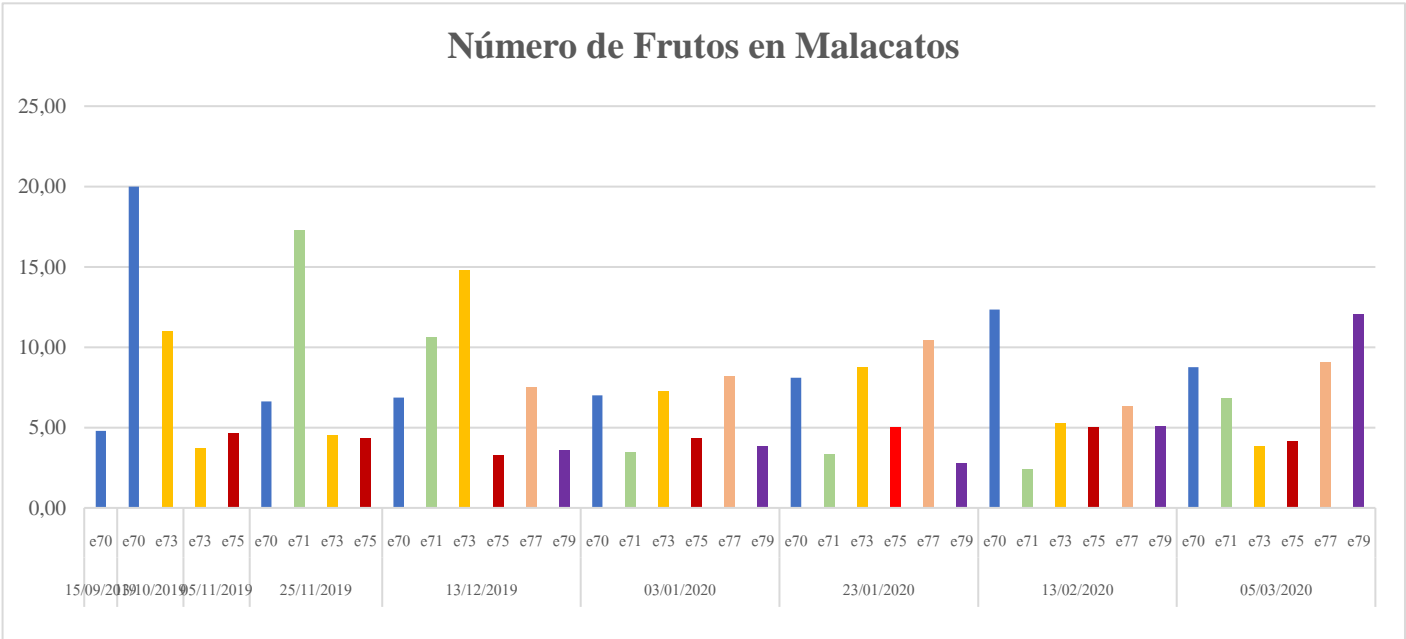


Figura 11 : Número de frutos durante la evaluación en los sitios Malacatos, evaluadas en septiembre del 2019 a marzo del 2020.

La mayor cantidad de frutos registrados en Malacatos fue del estado 70 con un promedio total de las 10 platas durante los siete meses de 74,5 y un valor total mínimo de 21,3 en el estado 79 (Figura 12).

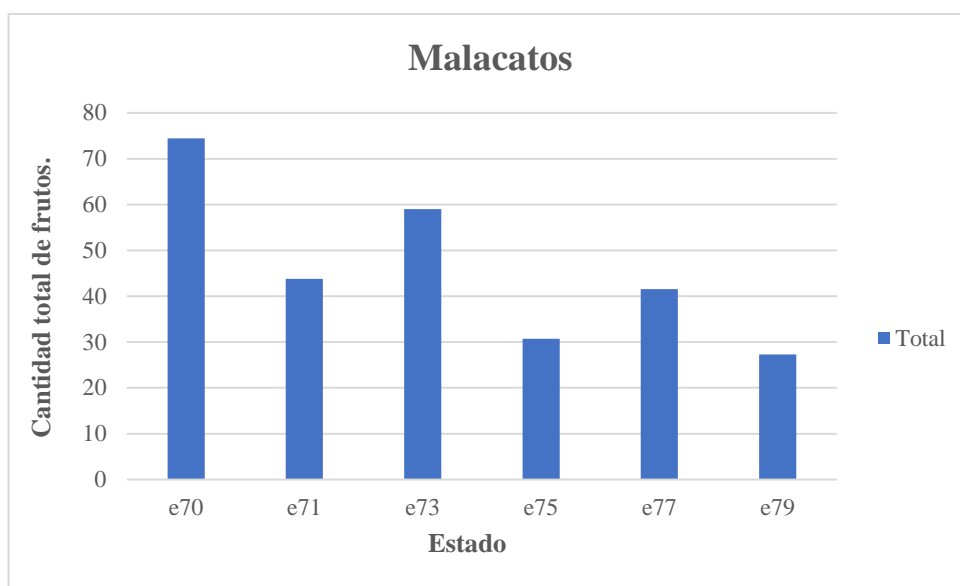


Figura 12 : Número total de frutos durante la evaluación en los sitios Malacatos, evaluadas en septiembre del 2019 hasta marzo del 2020.

4.1.8. Cantidad de frutos en distintos estados fenológicos en Chaguarpamba

Durante el registro de datos realizado en el periodo de evaluación septiembre 2019 a marzo 2020 se observó varios estados del desarrollo fenológico del fruto del café desde el estado 70 hasta el estado 79, registrándose durante la primera evaluación 0 frutos, no obstante a partir de la segunda evaluación se registró un valor elevado de frutos en estado 70 con un promedio máximo de las tres ramas por planta de 164,1 y alcanzando durante las ocho primeras evaluaciones un promedio mínimo de 1,25.

Ademas se puede observar dentro de la gráfica que el número promedio de frutos descendió, donde el valor máximo de frutos fue del estado 77 con un total de 58,3 y con un valor mínimo de 7,3 en el estado 75, datos obtenidos durante la novena medición realizada en marzo (Figura 13). Se debe remarcar que la cantidad de frutos se encontró en diversos estados en este sitio.

La presencia de frutos en diferentes estados siguió un patrón normal en el mes de noviembre donde la temperatura fue de 24°C y la precipitación de 22,1°C. La cantidad de frutos disminuyó con el paso del tiempo y aunque su presencia siempre fue equilibrada se registró una baja en la cantidad durante los meses de febrero a marzo donde la temperatura fue de 20,7 a 21°C con precipitaciones constantes de 89 a 96,5 mm mensuales lo que ocasionó la perdida de frutos.

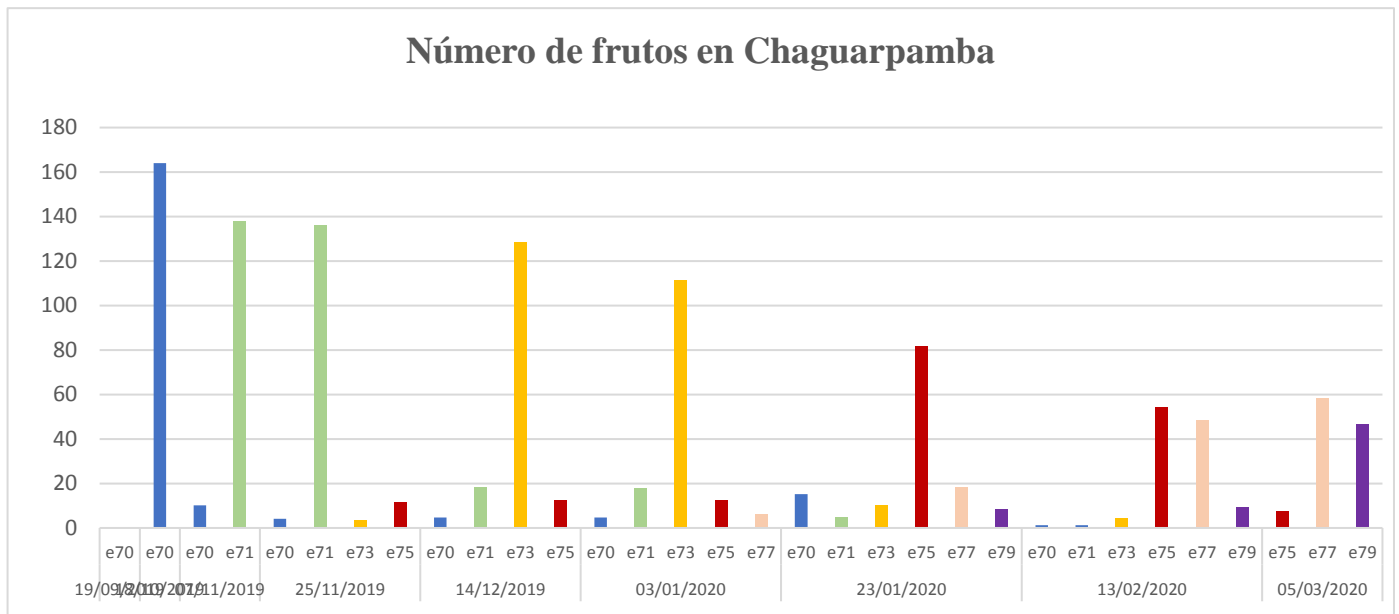


Figura 13 : Número de frutos durante la evaluación Chaguarpamba evaluadas en septiembre del 2019 hasta marzo del 2020.

El promedio total de frutos de las 10 plantas durante los siete meses evaluados dentro de esta zona fue en gran cantidad del estado 71 con una suma total de 316, seguido del estado 73 con un total 204 y como un valor mínimo se registró un valor 64,1 en el estado 79 (Figura 14).

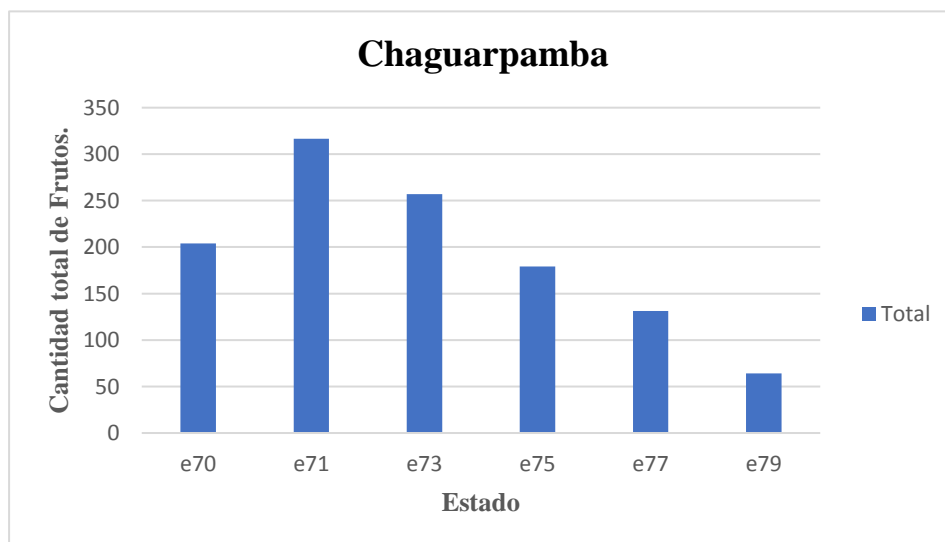


Figura 14 : Número total de frutos durante la evaluación en el sitio Chaguarpamba, evaluadas en septiembre del 2019 hasta marzo del 2020

4.1.8. Cantidad de frutos en distintos estados fenológicos en Zapotepamba

Durante el registro de datos realizado en el periodo de evaluación septiembre 2019 a marzo 2020, se observó varios estados del desarrollo fenológico del fruto del café desde el estado 70 hasta el estado 81, no obstante durante la primera evaluación se observó únicamente el estado 70, la presencia de dicho estado fue constante durante todos los meses evaluados, se registró un valor máximo de 24,8 en septiembre y un valor mínimo en 4,9 en el noviembre, a partir del segunda evaluación se registró un nuevos estados, el estado el estado 71 y el estado 73 los cuales también se mantuvieron constantes hasta el final de la evaluación.

A partir de la cuarta y la quinta evaluación se registraron nuevos estados los cuales fueron el estado 75, 77, 79. El desarrollo fue paulatino durante los primeros meses como se puede observar (Figura 15) la cantidad de los mismos fue similar hasta el mes de febrero donde se registró la presencia de una gran cantidad de frutos en estado 79 con un total de 29,9 y en el mes de marzo hubo una reducción en el número de frutos que fue bastante notable principalmente en el estado 79 con un promedio total de 17,1 y el estado 73 con un total de 3,6 pero también se resalta que en este mes se dio la presencia de un nuevo estado que fue el 81 con un promedio total de 2,5.

Cada dato registrado en Zapotepamba representa la variabilidad que existente de la acción de los factores climáticos característicos de este sitio donde se encontró gran cantidad de frutos en el mes de enero donde la temperatura registrada fue de 21,2°C y la precipitación fue de 84,1 mm, por ende, su acción sobre las variables analizadas es directo.

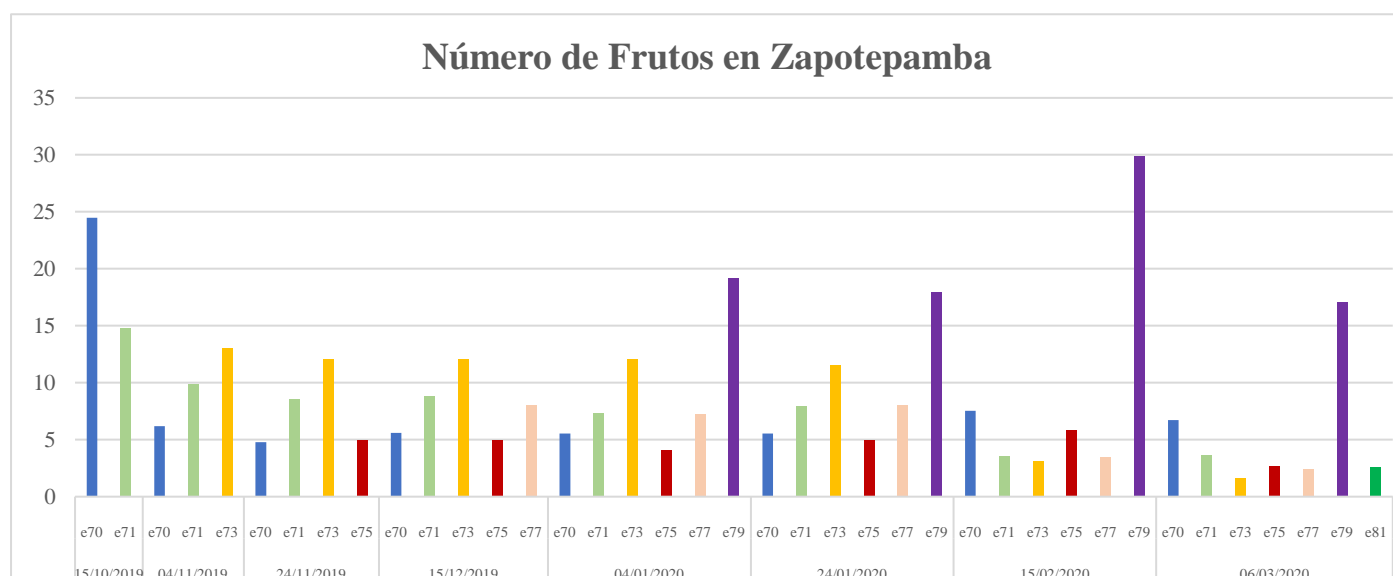


Figura 15 : Número de frutos durante la evaluación Zapotepamba evaluadas en septiembre del 2019 hasta marzo del 2020.

En el sitio 3 (Zapotepamba) se registraron durante la evaluación septiembre 2019- marzo 2020 una suma total de los promedios de frutos por evaluación de 84,1 en el estado 79 seguido del estado 70 con una suma total de 66,4 (Figura 16).

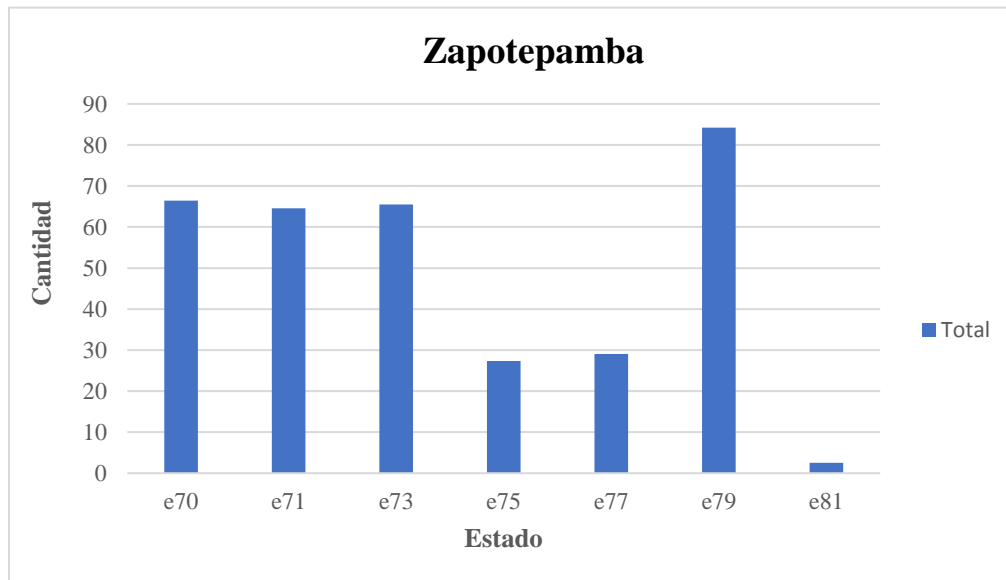


Figura 16 : Número total de frutos durante la evaluación en los sitios Zapotepamba, evaluadas en septiembre del 2019 hasta marzo del 2020.

4.2. Comportamiento de la temperatura y la precipitación dentro de las zonas cafetaleras de Malacatos, Chaguarpamba y zapotepamba durante un periodo de 10 años

Se estableció las condiciones climáticas de cada sitio con el análisis de las medias anuales de temperatura y precipitación de los tres sitios de estudio con un periodo de 10 años, incluido la temperatura y las precipitaciones de los meses evaluados en el 2019 hasta el año 2020.

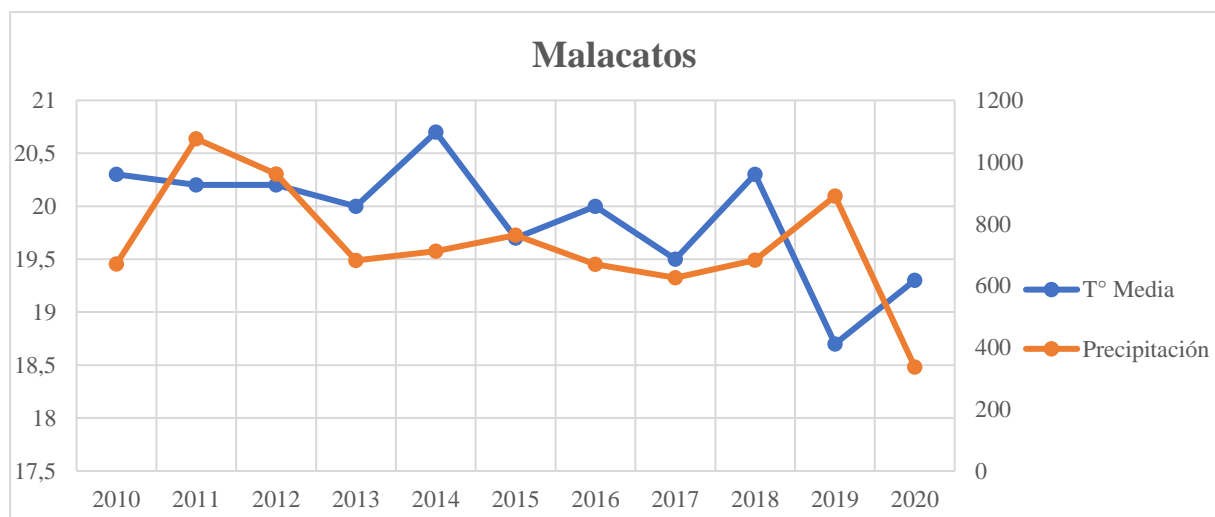
A continuación, se presentan los valores anuales de temperatura y precipitación en cada sector durante el periodo 2010 a 2020 obtenidos de las estaciones meteorológicas Malacatos, Chaguarpamba y Catacocha.

4.2.1. Comportamiento de la temperatura y precipitación en Malacatos (1 680 m s.n.m) desde el año 2010 hasta el 2020

Los datos registrados de la temperatura de la estación meteorológica del Inamhi en Malacatos (M-143) a una latitud 9 53 892 y a una longitud de 69 965 desde el año 2010 hasta el presente año presento diversos cambios a través del tiempo como se puede observar (Figura 17) los valores promedios alcanzaron un pico máximo en el año 2014 con un valor de 20,6°C, la misma que con el pasar de los años se ha visto bastante cambiante, llegando a alcanzar en el 2019 un valor de 20,1°C.

Se debe tomar en cuenta que Malacatos se caracteriza por ser una parroquia con temperatura media de 20°C anuales, pero en la actualidad la misma ha cambiado considerablemente como consecuencia del calentamiento global, lo cual hace que la realidad actual de la parroquia sea bastante distinta en comparación hace 9 años atrás.

Como se puede observar (Figura 17) la precipitación durante los primeros años registro una cantidad anual por milímetros que era mayor a 1 000 mm, la cual se ha visto afectada debido al constante cambio que sufren cada país debido a la contaminación de la misma manera a partir del año 2015 según la estación meteorológica del Inamhi en Malacatos el total de precipitación fue menor a los 800 mm anuales hasta el 2018 registrándose una cantidad más baja en el año 2020 con un total de 400 mm anuales dentro de este sector.



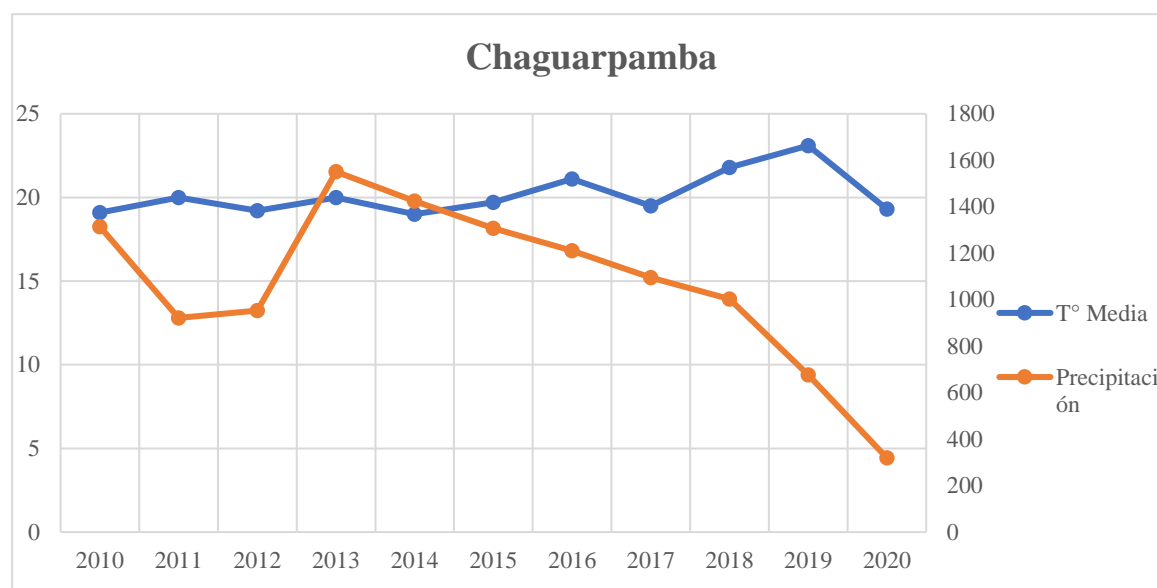
Fuente: Datos meteorológicos del Inamhi desde el 2010 al 2019.

Figura 17 : Datos de Temperatura y precipitación del sitio Cafetalero de Malacatos del año 2010 hasta el año 2020.

4.2.2. Comportamiento de la Temperatura y la precipitación en Chaguarpamba (1 450 m s.n.m) desde el año 2010 hasta el 2020

Los datos de temperatura obtenidos de la estación meteorológica de Chaguarpamba (M-754) ubicada en el mismo cantón perteneciente al Inamhi a una altura de 1 470 m s.n.m fueron bastante distintivos, donde la temperatura media durante el año 2010 hasta el año 2014 fue bastante similar obteniendo una media anual de 19,6 °C a 19,9°C, resaltando que a partir del año 2015 la temperatura se elevó hasta alcanzar una media anual máxima de 23°C en el año 2019, siendo la mayor temperatura registrada durante todos los años hasta la fecha (Figura 18).

Con respecto a las precipitaciones anuales registradas por el Inamhi durante los 10 años analizados en el año 2010 el cantón presento 1 200 mm anuales los cuales se redujeron considerablemente durante el año 2011 y 2012, pero para el año 2013 como se puede apreciar la misma se elevó alcanzando un total de 1 600 mm anuales recalando que para el siguiente año las precipitaciones para ese sitio fueron muy bajas alcanzando total de 300 mm anual siendo la precipitaciones más baja registrada hasta la fecha.



Fuente: Datos meteorológicos del Inamhi desde el 2010 al 2019

Figura 18 : Datos de Temperatura y precipitación del sitio Cafetalero de Chaguarpamba del año 2010 hasta el año 2020.

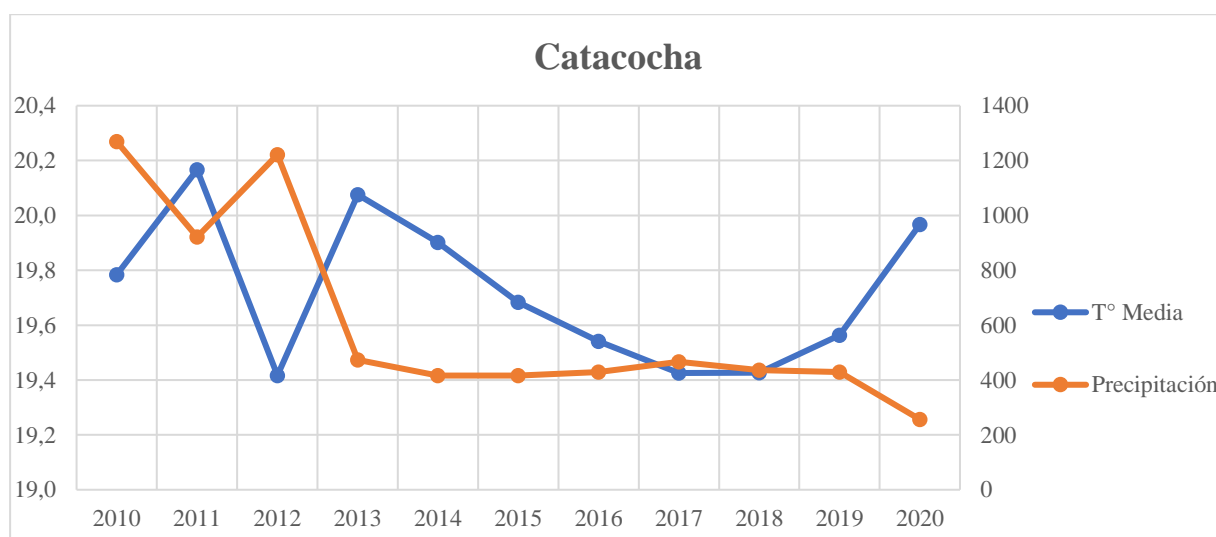
4.2.3. Comportamiento de la temperatura y la precipitación en Zapotepamba (900 m s.n.m) desde el año 2010 hasta el año 2020

Para el tercer sector evaluado se utilizó los datos meteorológicos de la estación más cercana al sitio de estudio que fue la estación meteorológica de Catacocha (M- 515) a una longitud de 9 551 949 y latitud de 650 752 y como se observa (Figura 19) la temperatura que se registró durante los primeros años fue de 19,7°C en el año 2010, mientras que en el año 2012 esta fue de 20,1°C pero en el año 2013 se registró el pico más bajo que fue de 19,4°C pero se reitera que para el siguiente año esta alcanzo una media de 20,1°C, a partir de allí la temperatura dentro de este sector registro datos similares de 19,4°C a 19,8°C hasta el año 2019.

Con respecto a la precipitación las mismas fueron satisfactorias durante el año 2010 y 2012 siendo de un total anual de 1 200 mm anuales, pero desde el 2013 hasta el 2019 las precipitaciones registradas fueron mayores a los 600 mm anuales.

Este factor es de gran importancia para la producción y desarrollo de café, es por ello como se nombró anteriormente la producción y desarrollo del café en este sitio es bastante dependiente del agua.

Actualmente este sitio se caracteriza por ser un sector con un verano muy marcado y con temperatura elevadas, es por ello que dentro de este sector el desarrollo fenológico es bastante rápido en comparación con Malacatos y Chaguarpamba.



Fuente: Datos meteorológicos del Inamhi desde el 2010 al 2019

Figura 19 : Datos de Temperatura y precipitación para el sitio Cafetalero de Zapotepamba a partir de los datos históricos de la estación meteorológica de Catacocha desde 2010 hasta el año 2020.

4.3. Condiciones climáticas de temperatura y precipitación obtenidos a partir de los datos históricos de las estaciones meteorológicas de Malacatos, Chaguarpamba y Catacocha, y ascenso y descenso de variables más importantes observadas en las tres zonas cafetaleras de la provincia de Loja

La precipitación y temperatura dentro de los tres sitios de estudio fueron distintas (Figura 20), razones principales por la cual los cambios en el desarrollo de los estados fenológicos de igual manera fueron diferentes.

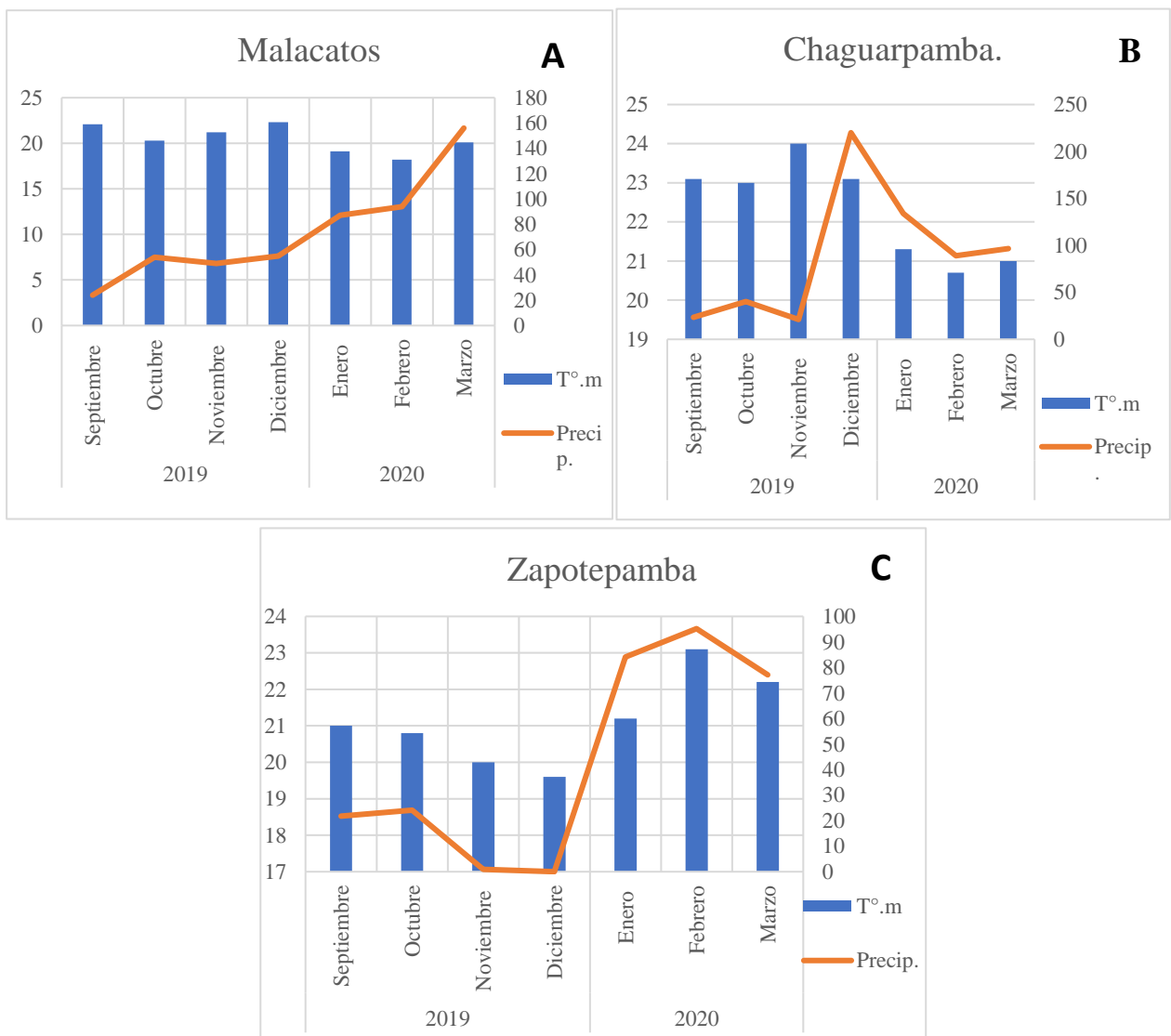


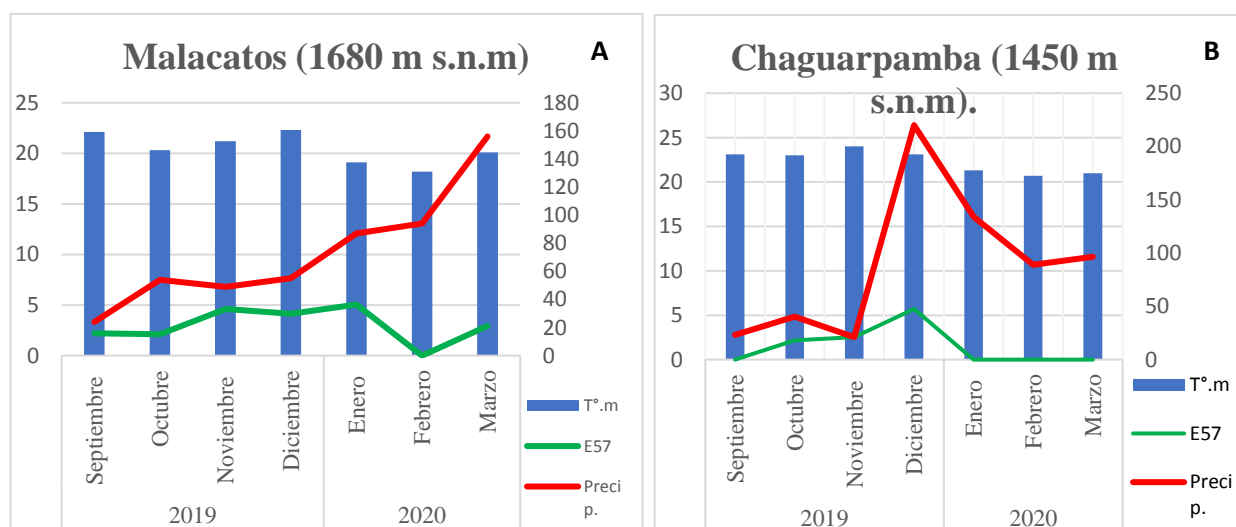
Figura 20 : Gráficas de temperatura y humedad de Malacatos (A), Chaguarpamba (B) y Zapotepamba (C) durante el periodo de evaluación septiembre 2019 a marzo 2020.

4.3.1. Ascenso y descenso de flores y frutos durante el proceso de evaluación en función de las variables temperatura, precipitación en relación con la altitud

La acción del factor altitud definió la temperatura y precipitación de cada zona cafetalera ya que las mismas fueron distintas y por ende la acción de temperatura y precipitación sobre las variables analizadas fue diferente, tuvieron mayor influencia en el desarrollo de la floración y por ende en la fructificación, más que en las otras variables. En la Figura 21 se muestra la cantidad total de flores en estado 57 dentro de los tres sitios evaluados en función de temperatura y precipitación en relación con la altitud de las zonas de estudio, como se puede apreciar en el mes de septiembre en Malacatos a una altitud de 1 680 m s.n.m la presencia de flores se mantuvo en aumento hasta el mes enero donde la temperatura registrada fue de 19,1 a 22,3°C y la precipitación mensual de 24 a 87 mm.

Chaguarpamba a una altitud de 1 450 m s.n.m, presentó un aumento dentro de la cantidad de flores a partir del mes octubre y se mantuvo en ascenso hasta el mes de diciembre donde la temperatura media fue de 20,3 a 22,3°C con precipitación de 40 a 220 mm mensuales, pero en el mes de enero se dio un descenso de flores donde temperatura fue 21,3°C y la precipitación de 134 mm.

Y finalmente zapotepamba con altitud de 900 m s.n.m. presento un aumento de flores en estado 57 desde octubre hasta enero, con temperatura promedio mensual de 20,8 a 21,2 y precipitación de 24,1 a 84,1 mm, pero a partir del mes de febrero hasta marzo donde la temperatura fue de 22,2 a 23,1°C y la precipitación de 77,1 a 95,2 la producción de las mismas se declinó considerablemente alcanzando un valor de 0.



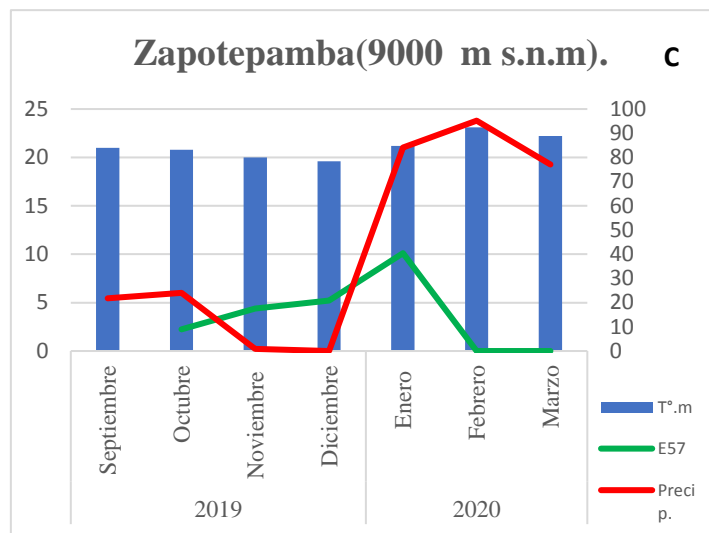


Figura 21: Ascenso y descenso de flores en estado 57 dentro de los sistemas agroforestales de cafeto en los sitios Malacatos (A), Chaguarpamba (B) y Zapotepamba (C) durante el periodo de evaluación desde septiembre del 2019 a marzo del 2020.

El desarrollo del fruto mantuvo un patrón normal de crecimiento en los tres sitios con diferente altitud principalmente en las fechas en las cuales la temperatura y de precipitación se encontraba dentro de los rangos óptimos como se puede apreciar (Figura 22) en cada uno de los sitios de estudio la línea de crecimiento del fruto fue bastante favorable. En septiembre en Malacatos (A) el número de frutos fue bastante bajo, no obstante, con el paso del tiempo este aumento de manera considerable alcanzando un pico máximo en febrero con un total de frutos de 5,05 donde la temperatura fue 18,2°C y precipitación de 94 mm.

En Chaguarpamba desde noviembre se registró un total de frutos de 3030,1 donde la temperatura fue de 24°C y la precipitación de 22,1. La presencia de frutos descendió durante el mes de febrero a marzo donde la temperatura fue de 20,7 a 21°C con precipitaciones mensuales de 89 y 96,5 mm.

En las evaluaciones de Zapotepamba se observa (Grafico C) la variabilidad que existente de la acción de los factores climáticos característicos de este sitio donde se encontró gran cantidad de frutos en el mes de enero donde la temperatura registrada fue de 21,2°C y la precipitación fue de 84,1 mm. Por ende, se debe señalar que el factor altitud influye de manera directa en la acción e impacto de la temperatura y la precipitación sobre las variables dependientes analizadas.

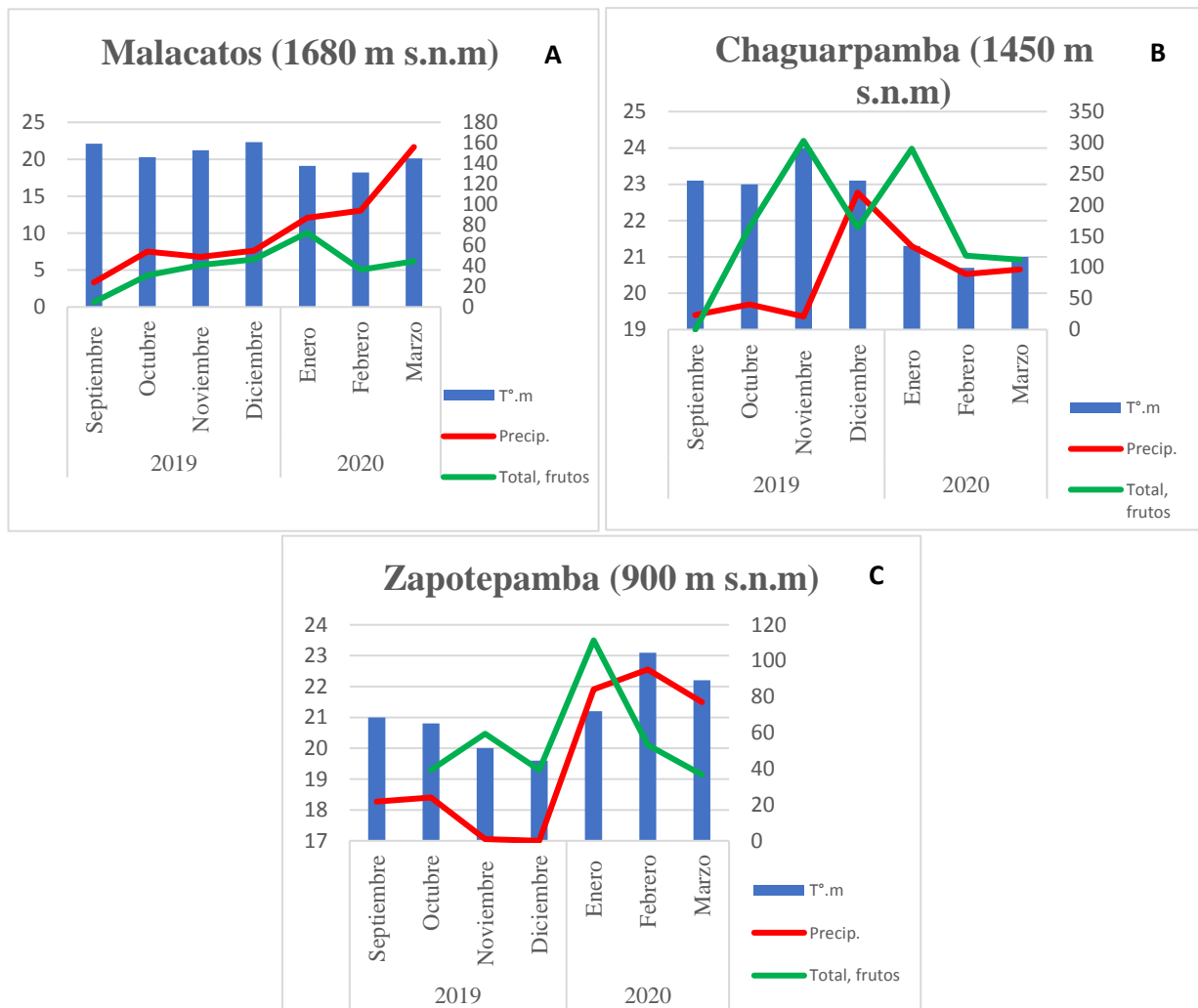


Figura 22: Ascenso y descenso de frutos en estado 57 dentro de los sistemas agroforestales de cafeto en los sitios Malacatos (A), Chaguarpamba (B) y Zapotepamba (C) durante el periodo de evaluación desde septiembre del 2019 a marzo del 2020.

Además, se menciona que altitud dentro del desarrollo del fruto de café es muy importante ya que el cuerpo, la aroma y la acidez del fruto depende directamente la altitud donde se establezca el cultivo, ya que esta define las condiciones climáticas de la zona y si estas son las óptimas las características del grano también lo serán.

Finalmente podemos observar (Tabla 12) que durante los 7 meses de evaluación cada uno de los sitios presentaron diversas temperaturas y por ende distintas precipitaciones, siendo Zapotepamba el sitio que presentó mayores valores de temperatura mientras que Malacatos en cambio fue el sitio que registró los valores mayores en precipitación pero como se nombró anterior mente cada uno de los sitios presentó datos similares con respecto a cada variable

analizada siendo únicamente diferente los datos obtenidos en yemas reproductivas, flores y frutos donde se destacó principalmente Chaguarpamba.

En Malacatos se registraron una temperatura de 18°C a 22,3°C con precipitación de 24 mm a 156 mm, allí se registró los siguientes promedios; 4,86 brotes, 21,12 hojas, 8,22 yemas, 3,13 ramillas, 3,01 Flores de E57 y 39,6 total de frutos. En Chaguarpamba se registraron durante los siete meses una temperatura de 20°C a 21,1°C con precipitaciones que van de 23,32 mm a 242 mm y presentó los siguientes promedios; 2,62 brotes, 17,31 hojas, 23,32 yemas, 2,01 ramillas, 1,52 flores en estado 57 y 164,61 total de frutos. Finalmente, está zapotepamba que presentó un rango en temperaturas de 19,5°C a 20,8°C, con precipitaciones de 0,9 mm a 77 mm, este sitio presentó un promedio de 2,91 brotes, 5,22 hojas, 6,90, yemas, 2,13 ramillas, 3,70 flores en estado 57 y 56,61 total de frutos.

Los mayores picos de yemas reproductivas se registraron en Chaguarpamba ubicado a una altitud de 1 450 m s.n.m, registrados en septiembre donde la temperatura fue 20,1°C y una precipitación de 24 mm, en el mismo sitio se registró la mayor cantidad de frutos en diferentes estados. Mientras que el mayor pico de hojas, brotes, y ramillas se registraron en Malacatos a una altitud de 1 680 m s.n.m con temperatura de 18°C a 22,3°C, con precipitaciones de 24 mm a 156 mm.

Tabla 12 : Datos de temperatura, precipitaciones y datos de las variables; brotes, hojas, yemas, ramillas y flores.

Malacatos	Año	Meses	T°.m	Precip.	N° Brotes	N° Hojas	N° Yemas	N° Ramillas	E57	Total, frutos
	2019	Septiembre	22,10	24	4,34	23,11	11,53	2,12	2,21	4,82
		Octubre	20,31	54	4,34	17,22	3,91	1,83	2,12	31,02
		Noviembre	21,23	49	4,91	19	6,82	2,51	4,61	41,01
		Diciembre	22,31	55	4,62	23,82	8,85	2,82	4,13	46,52
	2020	Enero	19,12	87	5,33	24,25	7,95	3,92	5,05	72,41
		Febrero	18,22	94	5,31	19,11	10,41	5,24	0	36,41
		Marzo	20,11	156	5,23	21,32	8,7	3,31	2,93	44,72
Chaguarpamba	Año	Meses	T°.m	Precip.	N° Brotes	N° Hojas	N° Yemas	N° Ramillas	E57	Total, frutos
	2019	Septiembre	23,12	23,31	1,91	16,22	150,73	1,85	0	0
		Octubre	23	40,22	2,42	14,71	4,21	1,81	2,17	164
		Noviembre	24	22,11	2,51	16,91	3	1,80	2,53	303,12
		Diciembre	23,12	220	2,72	15,62	2,80	1,80	5,71	163,70
	2020	Enero	21,31	134	2,72	19,43	1,91	1,81	0	290,61
		Febrero	20,72	89	3,31	20,11	0	2,62	0	118,72
		Marzo	21	96,51	3	18,21	0	2,61	0	112,13
Zapotepamba	Año	Meses	T°.m	Precip.	N° Brotes	N° Hojas	N° Yemas	N° Ramillas	E57	Total, frutos
	2019	Septiembre	21	21,80						
		Octubre	20,81	24,11	2,73	2,27	13,58	2,73	2,23	39,31
		Noviembre	20	0,91	2,12	1,90	9	2,10	4,40	59,50
		Diciembre	19,62	7,32	2,70	2,32	6,81	1,31	5,22	39,41
	2020	Enero	21,21	84,13	2,71	3,41	6,50	2,12	10,11	111,40
		Febrero	23,10	95,21	3,63	3,32	3	2,31	0	53,33
		Marzo	22,20	77,12	3,32	18,23	2,51	2,17	0	36,77

5. DISCUSIÓN.

5.1. Análisis del desarrollo y cantidad de las variables analizadas (Número de hojas, brotes, yemas, ramillas, flores y frutos) en tres sitios de producción cafetalera de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba.

El desarrollo y producción de brotes y hojas en el café fue dinámico dentro de cada sitio lo que se relaciona directamente con lo señalado por Arcila et al. (2012), que la planta de cafeto durante toda su vida está en una constante producción de hojas y brotes. Se debe resaltar que se encontró un mayor número de brotes en Malacatos en comparación a los dos otros sitios. El nacimiento de brotes y hojas se mantuvo constante lo que se ajusta completamente a lo también mencionado por lo Urrego y Del valle (2001) que el nacimiento de brotes, la aparición y caída de las hojas se presenta de manera regular debido a las condiciones favorables dentro de la plantación.

En las figuras (2,3,4,5) se presentan los valores mensuales de las variables indicadas para el estudio de la fenología donde se observó un cambio y una constante producción de las mismas como consecuencia de que durante los últimos meses de evaluación las precipitaciones fueron más continuas, principalmente en los meses de enero, febrero y marzo donde las precipitaciones fueron mayores a los 100 mm.

En la investigación se registró diversos datos del constante cambio que presentaron brotes y hojas debido a la variación del clima dentro de cada sitio. Las temperaturas registradas fueron mayores a 18°C durante los meses de septiembre a diciembre y menores a 18°C durante los meses de enero, febrero y marzo, además de que la presencia de precipitación en los sitios fue suficiente para promover la producción. Según Camargo y Pereira (2002) cuando la temperatura es mayor a 17°C con humedad suficiente se promueve el crecimiento vegetativo, es por ello que en el caso de brotes y hojas la presencia masiva de las mismas en los cultivos en las tres zonas siempre tendió hacer constante. Se encontró el mayor número de brotes en Malacatos con una presencia significativa ya que el nacimiento de brotes y caída de hojas se mantuvo en un valor de 1,8 a 5,6 en brotes y 10,2 a 26,5 en hojas lo que se ajusta completamente a lo también mencionado por lo Urrego y Del valle (2001) que el nacimiento de brotes se da en temperaturas y brillo solar alto lo cual también afecta a la caída de las hojas.

Con respecto a la cantidad de yemas reproductivas se encontró un máximo muy marcado en Chaguarpamba durante la evaluación realizada en septiembre. Es posible que se haya presentado debido a que en el mes de septiembre la distribución de los periodos húmedo y secos fueron equilibrados junto con la temperatura mientras que en el caso de Malacatos y Zapotepamba la cantidad de las mismas siempre se encontró en un promedio de 2,6 a 5 durante el proceso de evaluación, debido a la época de invierno en Malacatos iniciada en diciembre que acompañada de la temperatura promovieron el desarrollo de los botones o yemas florales a lo largo del año (Camayo *et al.*, 2002).

Se registraron en los tres sitios gran cantidad de yemas principalmente en Chaguarpamba durante la evaluación de septiembre, pero en la segunda medición realizada en octubre la cantidad de yemas que alcanzaron la formación de frutos se redujeron a la mitad e incluso se perdieron en su mayoría, lo cual puede ser resultado de los cambios de la temperatura ya que en Chaguarpamba se registró una temperatura mayor a los 19°C, pero con presencia de lluvias. En Malacatos la temperatura fue mayor a 20°C, pero sin lluvias y mayor a 21°C para zapotepamba con precipitaciones menores de 30 mm. Esto se adapta con lo mencionado por Camayo, *et al.*(2002), la presencia de deficiencias hídricas moderadas o temperaturas por debajo de los promedios normales inducen cambios hacia los estados intermedios del desarrollo floral y tienen mayor relación con la diferenciación y desarrollo de los botones o yemas florales tomando en cuenta que cuando los botones completan su desarrollo requieren de un periodo seco de magnitud moderada para completar su desarrollo hasta la antesis y la ausencia de este periodo mantiene los botones florales en latencia y el exceso ocasiona la pérdida de las yemas.

Es por ello que uno de los resultados más significativos de las evaluaciones fenológicas es que existió un cambio paulatino en la variable número de yemas reproductivas donde por otro lado en cambio Peters (2014), mencionan que se debe tomar en cuenta que la planta de café requiere una precipitación mensualmente 125 mm para la producción de yemas, por ello al mantener un aporte hídrico menor a este da como resultado una baja en la productividad de la planta, por ello se establece que la cantidad de botones contabilizado por sitio fue directamente el resultado del desequilibrio de la temperatura y precipitación mensual.

De acuerdo con los modelos fenológicos ajustados por Camayo *et al.* (2002) se puede sugerir que el estrés hídrico moderado, el brillo solar y la temperatura mínima contribuyen a la maduración fisiológica de los botones florales es por ello que se afirma que la gran cantidad de botones formados dentro de los tres sitios no completaron su proceso de desarrollo hasta

alcanzar la floración y finalmente la formación de frutos debido al desequilibrio de estos dos factores. Es por ello que dentro de cada zona a pesar de que se registran datos sobre yemas florales e incluso frutos en estados 70 para la siguiente evaluación ya no se los registra.

La magnitud de la floración también varía según la altitud del sitio cafetalero según Gómez (2010), ajustándose con nuestros datos, debido a que la cantidad de flores fue mayor en los sitios donde la altitud es superior 1 500 m s.n.m. La evaluación de los estados fenológicos de las flores se realizó únicamente sobre el estado 57 en los tres sitios, recalando que una de las principales razones fue el tiempo que dura el proceso de floración en el cafeto, debido a que las evaluaciones las realizamos cada 20 días mientras que la duración de la floración va de 8 a 10 días siendo un proceso acelerado (Arcila,2004). Además, el constante aparecimiento de flores en este estado podría ser el resultado de la presencia continua de lluvias por época de invierno, relacionándose con lo mencionado por Fournier y Herrera (1983) que la floración en café está estrechamente ligada a la frecuencia de las lluvias en este período.

De esta manera las condiciones climáticas de Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba no fueron las adecuadas dando como resultado la reducción del total de flores hasta en 40 % en estado 57, debido a que durante los primeros meses de evaluación los valores de temperatura fueron mayores a 20°C, con unas precipitaciones menores a 40 mm.

Los datos obtenidos de frutos en Malacatos y Zapotepamba fue baja en comparación de Chaguarpamba, a pesar de registrar durante el periodo de evaluación una importante cantidad de flores en estado 57 (Figura 6), lo cual podría ser el resultado del secamiento de las flores lo que concuerda con lo citado por CENICAFE (204) que la cantidad final de frutos cuajados se da también por un fenómeno muy poco estudiado llamado secamiento de floral, fenómeno que afecta el desarrollo de la flor causado por el exceso de sombra, alta humedad y alta temperatura CENICAFE (2014) lo que causa la reducción del porcentaje de frutos de un 20 a un 80 % de la cosecha final.

Además una de las razones que pudo afectar los resultados obtenidos con respecto a la cantidad de frutos fue la caída de frutos en estado 71, 73 y algunos en 75 e incluso 77 , principalmente en Chaguarpamba y Zapotepamba este fenómeno se da por la presencia continua de flores a lo largo del año, como resultado del buen manejo agronómico del cultivo y la planta a pesar de formar más frutos da preferencia a los frutos formados en época temprana, ocasionándose un el raleo esporádico de frutos en estados tardíos. Por otro lado, Arcila y Jaramillo (2004) mencionan que este fenómeno es el resultado del aporte hídrico inadecuado, principalmente

entre la semana 6 y 10 después de la floración ocasionando la deshidratación de los frutos y por ende su caída, y si se presenta la misma acción entre la semana 13 y 17 se ocasiona un llenado parcial del grano y en estado 77 y 79, se da el llamado grano negro.

Los datos obtenidos en la cantidad de ramillas fueron similares entre los tres sitios hasta diciembre, porque a partir de enero se encontró una mayor cantidad en Malacatos, tomando en cuenta que la cantidad de ramillas presentes puede ser el resultado de la época invernal, acompañada del calor típico de los sitios, ya que a partir de enero hasta marzo las precipitaciones entre sitio fueron mayores a 160 mm mensuales, causando la pérdida de la flor y el aumento del desarrollo vegetativo, además esto se relaciona con lo mencionado con CENICAFE (2014), que esto ocurre cuando se dan condiciones ambientales poco favorables para la floración como es el exceso de humedad acompañada de temperaturas elevadas, ocasionando la formación de brotes por ende de ramillas.

5.2. Comparación de las condiciones climáticas dentro de cada uno de los sitios de estudio con distintas altitudes.

5.2.1. Temperatura.

Las temperaturas promedio por sitio fueron distintas entre cada localidad de estudio, registrándose en Malacatos una temperatura de 18,9°C a 20°C con un incremento anual de 1,1 °C mientras que Chaguarpamba registro datos de 19 °C a 21,1 °C con un incremento anual de 2,1 seguido de Zapotepamba que registro valores de 20 a 23°C, con un aumento anual de 3°C siendo el sitio con valores de temperatura mayores en comparación con los dos otros sitios, estas temperaturas influyeron en el proceso del desarrollo del cafeto debido a que las cantidades de las variables analizadas en el proceso de estudios fueron normales y con una presencia continua, esto se relaciona directamente con lo señalado por CENICAFE (2014) que la temperatura promedio anual de 17 a 23°C favorece el desarrollo del cafeto.

De las tres zonas evaluadas zapotepamba al presentar temperaturas elevada fue el sitio con menor cantidad de yemas reproductivas y brotes, lo cual puede ser el resultado de que durante los meses de septiembre a noviembre las temperaturas registradas dentro de este sitio fueron mayores de 23°C, tomando en cuenta que las altas temperaturas puede causar daños a las plantas de café, principalmente durante las etapas de floración y cosecha (Villavicencio,2013).

5.2.2. Precipitación

La precipitación de las zonas fueron de un promedio anual de 890 mm para Malacatos de 677 mm para Chaguarpamba y de 429,2 mm para Zapotepamba, de los tres sitios principalmente Malacatos y Chaguarpamba presentan precipitaciones que se encuentran dentro de los rangos óptimos para el cafeto plantados por ciertos autores como Andrade,(2013) quien señala que los límites bajos de precipitación para un buen desarrollo de cafeto fluctúan entre 760 y 780 mm, mientras que los límites altos de precipitación que se encuentra en un rango de 990 a 3 000 mm Bharati *et al.*, (2002),y ninguno de los tres sitios presento dichos valores.

Las diversas características presente en cada sitio es el resultado de las escasas precipitaciones y altas temperaturas. Por ello debemos resaltar que la importancia de las cantidades optimas de agua durante el proceso de floración y llenado de granos es importante, dicho así debemos resaltar que reducción de las precipitaciones en los sitios cafetaleros prevé que existirían grandes repercusiones negativas durante la floración y en la maduración del fruto con el pasar de los años.

Es por ello que la gran diferencia existente de temperatura y precipitación dentro de los tres sitios de estudio es el principal marcador de las diferencias que existen dentro del desarrollo fenológico, lo que se ajusta perfectamente a lo señalado por (Fournier y Di Stéfano, 2004) que la temperatura y la precipitación son los factores climáticos más influyentes en el desarrollo normal de cafeto que acompañado del manejo agrícola adecuado determinan el buen estado del desarrollo fenológico del café.

6. CONCLUSIONES.

Al finalizar el análisis de los resultados de la presente investigación, se establecieron las siguientes conclusiones:

- ✓ Se establecieron las diferencias dentro de cada uno de los estados fenológicos del café en distintas zonas cafetaleras las cuales se encuentran en distinta altitud, por ende, con diferentes condiciones climáticas.
- ✓ El número de yemas dentro de las tres zonas cafetaleras fue continuo únicamente en Malacatos y Zapotepamba, durante los meses evaluados, pero en cantidades bajas en la comparación con las yemas reproductivas encontradas en Chaguarpamba durante la primera y segunda evaluación.
- ✓ Las etapas de floración dentro de cada uno de los sitios fueron escasas debido al tiempo de duración de la misma desde el estado 53 hasta la apertura floral la cual dura de 8 a 10 días y debido a que la evaluación se lo hacía cada 20 días, no se pudo registrar dichas etapas, registrándose únicamente el estado 57.
- ✓ La cantidad de frutos fue la variable más distintiva principalmente en Chaguarpamba, ya que la cantidad registrado fue superior a la de los dos otros sitios con un total de 9825, mientras que Zapotepamba una suma total de 2921 y Malacatos registró una suma total de 1362.
- ✓ Los indicadores de las condiciones climáticas de cada sitio, que en este caso fue la temperatura y la precipitación fue diferente entre los sitios cafetaleros, siendo el sitio Malacatos el sitio con la mayor precipitación y Zapotepamba el sitio con, mayor temperatura, mientras Chaguarpamba presentó condiciones climáticas equilibradas durante la evaluación, lo que favoreció el proceso del desarrollo fenológico.
- ✓ La temperatura entre los tres sitios durante los meses de evaluación fue bastante aceptable principalmente en Chaguarpamba y Malacatos, ya que los datos registrados se encontraban dentro de los rangos aceptables para el cultivo de café.

7. RECOMENDACIONES.

Sobre la base de la caracterización del sistema agroforestal de las zonas cafetaleras de Malacatos, Chaguarpamba y zapotepamba se establecen las siguientes recomendaciones:

- ✓ Realizar estudios similares durante un periodo mayor a un año para establecer datos más precisos sobre los diferentes cambios por los cuales atraviesan cada uno de los estados fenológicos del cafeto ya que es una especie con gran importancia económica.
- ✓ Realizar el seguimiento de la fenología del cultivo del café dentro de cada zona cafetalera hasta que el fruto alcance su máximo estado para establecer, días exactos de cuantos días tarda desde el estado 81 hasta que alcance el estado 89, que es el último estado descrito por la escala de la BBCH.
- ✓ Para tener datos más exactos, sobre temperatura y precipitación para cada una de las zonas, recomienda que se considere la opción de colocar por cada sitio un pirómetro y un pluviómetro, ya que esto ayudaría a tener una mejor visión de las condiciones climáticas dentro de la plantación principalmente.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aaron, p. Davis. 2006. An annotated taxonomic conspectus of the genus *coffea* (rubiaceae). *The herbarium*, 11.
- Alarco, a. 2011. Modelo de gestión productiva para el cultivo de café (*coffea arábica* l.) En el sur de ecuador. Maestría. Escuela técnica superior de ingenieros agrónomos. Madrid.
- Alvim, p. 2009. Fisiología del crecimiento y de la floración del cafeto. *Café*, pp. 6- 54-64. 270.
- Amaral, j. 2016. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. *Pesq. Agropec.* pp. 377-384. 234.
- Anacafe. 2016. Buenas prácticas agrícolas en el cultivo de café para reducir el impacto del cambio climático, pp. 2-5.
- Andrade. 2014. Impactos del cambio climático en la floración y desarrollo del fruto del café en veracruz, méxico. *Inverciencia*, pp. 35, 2-3.
- Arcila, j. 2004. Anormalidades en la floración del cafeto. *Cenicafe*, pp. 3- 4.
- Arcila, j. Torres, M. Ruiz, K. 2002. Crecimiento y desarrollo de la planta de café. *Cap.2*, 23p. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/documents/librosistemasproduccioncapitulo2.pdf>
- Arcila, j. Moreno R. Salazar M. 2007. Crecimiento y desarrollo de la planta de café. *Sistemas de producción de café en Colombia*, pp. 22-90.
- Arcila, j. 2006. C. Crecimiento y desarrollo de la planta de café.y *Sistemas de producción de café en Colombia*. 1ra edición. Editorial federación nacional de cafeteros de Colombia, pp. 22-60.
- Arcila, P.J.; Jaramillo, R.A. 2004. Crecimiento del fruto de *Coffea arabica* var. Colombia, pp. 89-91.
- Banco Central del Ecuador. (2016). *Reporte de Coyuntura Sector Agropecuario*. No. 89 - IV- 16. ISSN: 1390-0579. Consultado 16 de febrero del 2020. Disponible en:

<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201604.pdf>

- Britta bisang, d. J. 2016. Climate change and vietnamese coffee production. *Coffe climate care*, pp. 45.
- Bharati, L. 2009. Future Climate Scenarios for Vietnam's Robusta Coffee Growing Areas, CIAT 2012
- Bharati, l., lee k. Y isenhart, t. 2002. Soil-water infiltration under crops, pasture and established riparian buffer in midwestern usa. *Agroforestry systems*, vol. 56, no. 3, pp. 249-257.
- Camayo, V. G.C.; Chávez C.B.; Arcila P.J.; Jaramillo R.A. 2002. Desarrollo floral del cafeto y su relación con las condiciones climáticas de Chinchiná-Calda, pp. 35-49.
- Camargo, A. y Pereira P. 2002. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. *Bragantia*, pp. 65-68.
- Cenicafe. 2014. Guía técnica para el cultivo del café. Instituto del café de costa rica. Centro de investigaciones en café, heredia-costa rica, 72 p.
- Cofenac. 2014. *Consejo nacional de cafetaleros*. sistema nacional de innovación tecnológica cafetalera, quito, ecuador, pp. 46 .
- Cofenac. 2015. Situación del sector cafetalero ecuatoriano. [Http://www.cofenac.org/wp-content/uploads/2010/09/situacion-sector-cafe-ecu-2013.pdf](http://www.cofenac.org/wp-content/uploads/2010/09/situacion-sector-cafe-ecu-2013.pdf). Citado al: 3/12/2015. 136.
- Columbus, m. & pulgarín, g. 2002. Proyecto de producción de café orgánico para exportación como una nueva alternativa comercial para ecuador. Escuela superior politécnica del litoral, pp. 44-46.
- Cumbicos, t. & jimenez, a. 2012. Análisis sectorial del café en la zona 7 loja, pp.123-12.
- Davis, HODGES, T. Reddhy R,K. 2006. Predicting crop phenology. CRC Press Inc.233, pp.123.
- Diaz, r. R. 2014. Fertilización con fuentes orgánicas en dos variedades de café (coffea arabica l.). *Investigación y amazonía*, pp. 1-2.

- Durán, F. Alizaga R, Ramírez G. 2013. Efecto de la madurez del fruto de café (*Coffea arabica*) cv. Caturra sobre la germinación y vigor de las semillas. *Agronomía Costarricense*, pp.17-18.
- Enríquez, g, & duicela, l. (2014). Guía técnica para la producción y poscosecha del café arábigo. 1ra edición. Editorial cofenac y sica. Portoviejo – ecuador, pp. 4-50.
- Fao. (organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura). 2015. producción/rendimiento de café, verde en mundo 19942016. Consultado el 28 de enero de 2019, en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/qc/visualize>.
- Fischersworing y Robkamp, 2001. Guía para la caficultura ecológica: café orgánico. 2 ed. Lima Perú, pp. 176.
- Fournie, L. y Herrera, A. 1983 . Una década de observaciones fenológicas en café (*coffea arabica* l.) En ciudad colón, costa rica. *Agronomía mesoamericana*, pp. 14, 3-5.
- Fournier, L.A y Di Stéfano, J. F. 2004), Variaciones climáticas entre 1988 y 2001, y sus posibles efectos sobre la fenología de varias especies leñosas y el manejo de un cafetal con sombra en ciudad colón de mora, costa rica, enero-junio, año/vol. 28, número 001 Universidad de Costa Rica. San José, pp. 101-120
- Franco, c. 2017. Fotoperiodismo em cafeeiro *coffea arabica* l. *Revista do instituto do café*, pp. 147-152. 23.
- Gómez, A. 2010. Sistemas de produccion, altitud; Colombia .pp- 16-19.
- Jurgen, K.M y Janssens.L. 2010. Plant phenology in relation to water availability: herbaceous and woody species in the savannas of northern Cameroon. *J. Tropical Ecology*, pp. 237-254.
- Hack, H. Bleiholder H, Buhr L, Meier U, Schnock-fricke U, Weber E, Witzemberger A. 1992. Einheitliche codierung der phänologischen entwicklungsstadien mono- und dikotylerpflanzen, pp. 265-270.
- Herrera, m. 2006. Una década de observaciones fenológicas en café (*coffea arabica* l.), pp. 145.

- Hernández, L. Orozco, V; V, Medina, R. 2012. Caracterización del crecimiento foliar de cafetos bajo tres niveles de exposición solar y dos densidades de plantación. La Habana. Cuba, pp. 86.
- ICAFFE (Instituto del Café de Costa Rica). 1998. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. 1ª. ed. Heredia Costa Rica, pp. 193.
- Jaramillo, a. & montoya , e. 2017. La radiación solar; consideraciones para su estudio en las plantaciones de café (*coffea arabical.*). Meteorología colombiana, no. 10, pp. 12-22.
- Jiménez, e. R. 2014. Serie botánica, pp.2-4.
- Villers,L .Campo,A.Ruiz,P. 2009. Impactos del cambio climático en la floración y desarrollo del fruto del café en veracruz, méxico, pp. 323-324.
- Marín, C.J y Nini P.2010. Guía para la Caficultura Ecológica. Editorial López. Popayán, pp.23.
- Marín, C. J. R. (2012). Densidad de siembra una estrategia de sostenibilidad en el café, en *Cafetal Revista del Caficultor*. [En línea]. Disponible en: http://www.anacafe.org/glifos/images/c/c2/2013_36_El_Cafetal.pdf.
- Miranda, m. B. 2016. Fisiología del cafeto. *Centro de investigaciones del cafe. (icafe)*, pp. 58.
- Monroig, m. 2005. Morfología del cafeto. Recuperado el 29 de junio de 2019, de <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id53.htm>
- Monroig, m. 2012. Botanica del cafe. Consultado el 23 de diciembre de 2019, en: <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id53>.
- Muñoz, m. 2014. Sabor de café. *Infocafés*, pp.3-4.
- Noel, d. M. 2010. El cafe y sus dicersas aplicaciones, pp.19 - 23.
- Oic. (organización internacional del café). 2015. Informe del mercado del café, febrero 2016. Consultado el 11 de diciembre de 2019, en: <http://www.ico.org/documents/cy2015-16/cmr-0216-c.pdf>

- Oic. (2018). (organización internacional del café). 2018. Informe del mercado de café: estadísticas comerciales-marzo 2018. Consultado el 11 de diciembre de 2017, en: <http://www.ico.org>.
- Oic. (organización internacional del café).(13 de abril de 2018). Producción mundial del café registra volumen de unos 150 millones de sacos. 31.consutado 13 de septiembre del 2019.
- Olivares, Z. y Jiménez M. 2013. Fisiología do cafeeiro. *Informe Agropecuario*, Belo Horizonte, v.11, n.126, pp.26-40.
- Padilla, Lorenzo.2028. El café. Colección Agricultura Tropical. Editorial Blume, Barcelona, España, pp. 285.
- Painter, r. B.2003.. Metodologías para medir la fenología de fructificación y su análisis. 4-5. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/robert_wallace7/publication/269398308_metodologias_para_medir_la_fenologia_de_fructificacion_y_su_analisis_con_relacion_a_los_animales_frugivoros/links/54b67ff70cf24eb34f6d25fb/metodologias-para-medir-la-fenologia-de-f
- Peters, v. E.2014. Intercropping with shrub species that display a ‘steadystate’ flowering phenology as a strategy for biodiversity conservation in tropical agroecosystems. (e. E. Aridas, ed.) *Plos*, 2-4.
- Proecuador. 2016. Boletín de análisis mercados internacionales. Consultado el 15 de diciembre de 2017, en <http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/sectores/cafe/>
- Ruiz, R . (2012). Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. Turrialba, pp. 65-74.
- Sotomayor, F. Bertsch F, Mora L.1996. Consumo de nutrientes por los frutos y bandolas de café Caturra durante un ciclo de desarrollo y maduración en Aquiares, Turrialba, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, pp. 26-28
- Tostadero, e. (2012). Botánica del café.consultado el 23 de noviembre dl 2019 en: <http://www.eltostadero.com/pdf/botanica.pdf>

- Trejo, I. Hernández J, Villers L (2007) Afectación de las comunidades vegetales de México ante el cambio climático. En XI Encuentro de Geógrafos de America Latina. Geopolítica, globalización y cambio ambiental: retos para el desarrollo Latinoamericano. Bogotá, Colombia. 15 pp.
- Urrego, L. y Del Valle JI (1994) Anotaciones sobre el clima de los bosques de Guandal del delta del río Patía. Revista de la Facultad Nacional de Agronomía (Medellín), Edición 47, pp. 145-159.
- Vaast, P. Bertrand, B. 2005. Date of harvest and altitude influence bean characteristics and beverage quality of Coffea arabica in intensive management conditions. HortScience In press, pp. 88-91.
- Villavicencio, e. 2013. Caracterización agroforestal en sistemas de café tradicional y rústico, en san miguel, veracruz, méxico. Revista chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, vol. 19, no. 1, pp. 67-80
- Wintgens, J. 2004. Factors Influencing the Quality of Green Coffee. In J Wintgens. eds. Coffee: Growing Processing Sustainable Production. Alemania Wiley-VCH, pp. 798- 809
- Xescom. 2016. De los medios y la comunicación de las organizaciones a las redes de valor , pp. 340
- Zapata, r. D.2015. Crecimiento de café (coffea arabica l.) Durante la etapa de almácigo en respuesta a la salinidad generada por fertilizantes. *Revista de ciencias agrícolas*, pp. 35, 11.

9. ANEXOS.

Anexo 1. Fotos de los sitios de estudios: Malacatos (A), Chaguarpamba (B) y Zapotepamba (C) respectivamente.



Zonas cafetaleras agroforestales pertenecientes a la provincia de Loja.

Anexo 2: Fotos del seguimiento de las variables analizadas durante 7 meses en los tres sitios de estudio.

- Zona 1: Novena visita (5 de marzo del 2020).

N°	R1	R2	R3
Planta 1			
2			









- Zona 2: Novena visita (5 de marzo del 2020).

N de planta	R1	R2	R3
1			
2			

3



4



5



6



7



8





- Zona 3: Octava visita (6 de marzo del 2020).

N°	R1	R2	R3
Planta 1			
2			









Anexo 3. Formato para el registro de la toma de datos en campo.

Sitio	Fecha			Brotos	Botones	Hojas	Flores					Frutos								Ramillas			
		vegetativos	Florales		E57	E58	E59	E60	E63	E70	E71	E73	E75	E77	E79	E81	E85	E88	E89	Primarias	Reprod		
			E53																				
	P1	R1																					
		R2																					
		R3																					
	P2	R1																					
		R2																					
		R3																					
	P3	R1																					
		R2																					
		R3																					
	P4	R1																					
		R2																					
		R3																					
	P5	R1																					
		R2																					
		R3																					
	P6	R1																					
		R2																					
		R3																					
	P7	R1																					
		R2																					
		R3																					

Anexo 4. Medias de las variables; Numero de hojas, brotes, yemas, ramillas.

	15-19/09/2019	13-18/10/2019	04-05 - 07/11/2019	24-25/11/2019	13-14-15/12/2019	03- 04/01/2020	23 - 24/01/2020	13-15/02/2020	05-06/03/2020
Malacatos	4,34	4,34	4,87	4,84	4,56	5,09	5,64	5,3	5,23
Chaguarpamba	1,99	2,47	2,3	2,71	2,78	2,94	2,57	3,3	3
Zapotepamba		2,73	2,27	2,01	1,97	2,33	3,13	3,6	3,3
	15-19/09/2019	13-18/10/2019	04-05 - 07/11/2019	24-25/11/2019	13-14-15/12/2019	03- 04/01/2020	23 - 24/01/2020	13-15/02/2020	05-06/03/2020
Malacatos	23,1	17,2	18,1	19,9	23,8	26,5	22	19,1	21,3
Chaguarpamba	16,2	14,7	18,3	15,6	15,6	18,5	20,3	20,1	18,2
Zapotepamba		22,375	24,5	23,8	17,3	17,1	17,9	15	18,2
	15-19/09/2019	13-18/10/2019	04-05 - 07/11/2019	24-25/11/2019	13-14-15/12/2019	03- 04/01/2020	23 - 24/01/2020	13-15/02/2020	05-06/03/2020
Malacatos	11,5	3,9	6	7,6	8,85	9,9	6	10,4	8,7
Chaguarpamba	150,7	4,2	3	3	2,8	1,8	2	0	0
Zapotepamba		13,45	11,4	6,6	6,8	5,95	7	3	2,5
	15-19/09/2019	13-18/10/2019	04-05 - 07/11/2019	24-25/11/2019	13-14-15/12/2019	03- 04/01/2020	23 - 24/01/2020	13-15/02/2020	05-06/03/2020

Malacatos	2,1	1,8	2,5	2,5	2,765	2,79	5	5,2	3,3
Chaguarpamba	1,85	1,8	1,9	1,8	1,8	1,9	1,7	2,6	2,6
Zapotepamba		2,725	2,01	2,25	1,3	2,1	2,1	2,3	2,17

Anexo 5. Medias de las variables número de flores y frutos durante el periodo de evaluación desde septiembre 2019 a marzo del 2020.

a. Frutos.

Zona	Fecha	Estado	Cantidad	Zona	Fecha	Estado	Cantidad	Zona	Fecha	Estado	Cantidad
Malacatos	15/09/2019	e70	4,80	Chaguarpamba	19/09/2019	e70	0			e70	24,48
		e70	20,00	Chaguarpamba	18/10/2019	e70	164	Zapotepamba	15/10/2019	e71	14,77
Malacatos	13/10/2019	e73	11,00			e70	10,2			e70	6,2
		e73	3,70	Chaguarpamba	07/11/2019	e71	138			e71	9,91
Malacatos	05/11/2019	e75	4,63			e70	4,1	Zapotepamba	04/11/2019	e73	13,06
		e70	6,62			e71	136,1			e70	4,79
		e71	17,25			e73	3,27			e71	8,58
		e73	4,50	Chaguarpamba	25/11/2019	e75	11,4			e73	12,06
Malacatos	25/11/2019	e75	4,33			e70	4,7	Zapotepamba	24/11/2019	e75	4,93
		e70	6,86			e71	18,37			e70	5,59
		e71	10,60			e73	128,2			e71	8,83
		e73	14,77	Chaguarpamba	14/12/2019	e75	12,44			e73	12,06
		e75	3,25			e70	4,7			e75	4,93
		e77	7,50			e71	17,9	Zapotepamba	15/12/2019	e77	8
Malacatos	13/12/2019	e79	3,57			e73	111,2			e70	5,55
		e70	7,00			e75	12,27			e71	7,37
		e71	3,43	Chaguarpamba	03/01/2020	e77	6,23			e73	12,06
		e73	7,23			e70	15,14			e75	4,06
		e75	4,30			e71	4,85			e77	7,25
		e77	8,19			e73	10,2	Zapotepamba	04/01/2020	e79	19,21
Malacatos	03/01/2020	e79	3,83			e75	81,4			e70	5,55
		e70	8,10			e77	18,4			e71	7,94
		e71	3,30	Chaguarpamba	23/01/2020	e79	8,3			e73	11,5
		e73	8,73			e70	1,25			e75	4,94
		e75	5,03			e71	1,25			e77	8
		e77	10,44			e73	4,19	Zapotepamba	24/01/2020	e79	17,96
Malacatos	23/01/2020	e79	2,78			e75	54,3			e70	7,53
		e70	12,33			e77	48,4			e71	3,52
		e71	2,38	Chaguarpamba	13/02/2020	e79	9,3			e73	3,14
		e73	5,25			e75	7,3			e75	5,8
		e75	5,00			e77	58,3			e77	3,43
		e77	6,33	Chaguarpamba	05/03/2020	e79	46,5	Zapotepamba	15/02/2020	e79	29,92
Malacatos	13/02/2020	e79	5,08							e70	6,73
		e70	8,76							e71	3,65
		e71	6,83							e73	1,58
		e73	3,83							e75	2,68
		e75	4,17							e77	2,38
		e77	9,08							e79	17,1
Malacatos	05/03/2020	e79	12,07					Zapotepamba	06/03/2020	e81	2,56

b. Flores

Zona	Fecha	estado	Cantidad	Zona	fecha	estado	Cantidad	Zona	fecha	estado	Cantidad
Malacatos	15/09/2019	E57	2,2	Chaguarpamba	19/09/2019	E57	0	Zapotepamba	15/09/2019	E57	0
Malacatos	13/10/2019	E57	2,1	Chaguarpamba	18/10/2019	E57	2,17	Zapotepamba	15/10/2019	E57	2,23
Malacatos	05/11/2019	E57	3,6	Chaguarpamba	07/11/2019	E57	0	Zapotepamba	04/11/2019	E57	2
Malacatos	25/11/2019	E57	5,6	Chaguarpamba	25/11/2019	E57	2,53	Zapotepamba	24/11/2019	E57	6,79
Malacatos	13/12/2019	E57	4,13	Chaguarpamba	14/12/2019	E57	5,7	Zapotepamba	15/12/2019	E57	5,22
Malacatos	03/01/2020	E57	4,5	Chaguarpamba	03/01/2020	E57	0	Zapotepamba	04/01/2020	E57	7,13
Malacatos	23/01/2020	E57	5,6	Chaguarpamba	23/01/2020	E57	0	Zapotepamba	24/01/2020	E57	2,98
Malacatos	13/02/2020	E57	0	Chaguarpamba	13/02/2020	E57	0	Zapotepamba	15/02/2020	E57	0
Malacatos	05/03/2020	E57	2,93	Chaguarpamba	05/03/2020	E57	0	Zapotepamba	06/03/2020	E57	0

Anexo 6. Medias mensuales de temperatura de datos históricos de 10 años de las estaciones meteorológicas Malacatos, Chaguarpamba y Catacocha.

a. Malacatos.

Estación:		MALACATOS					Latitud N:			9.533.892			
Código:		M-143					Longitud E:			691.965			
Institución:		INAMHI					Altitud:			1500 msnm			
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM

2010	20,2	20,8	20,3	20,8	20,3	20	20,2	19,9	20,4	20,7	20,1	20,1	20,3
2011	20,2	20	20,2	19,7	19,6	20,3	19,8	20,2	19,9	20,8	20,9	20,4	20,2
2012	19,7	19,7	20	19,6	19,9	20,3	20	20,4	20,3	20,1	20,1	20,2	20,2
2013	19,7	19,4	19,8	20,5	19,7	19,8	19,3	19,6	20,6	20,1	21,7	20,7	20
2014	19,6	19,6	19,9	20,5	19,8	18,9	19,5	18,6	20,3	19,4	20,6	19,7	19,70
2015	19,7	19,8	20	20,6	19,3	19,1	19,1	18,6	19,9	20,02	19,8	19,9	19,65
2016	20,1	19,7	19,6	19,8	19,9	19,8	19,8	19,9	20,1	20	21,1	20,2	20,00
2017	19,78	19,7	19,62	19,8	19,85	13,8	19,81	19,7	20,05	20,11	20	19,9	19,34
2018	19,2	19,2	19,4	20,1	19,1	19,7	20	19,9	21,2	21,3	22,01	23	20,34
2019	18,5	19,3	18,2	18	18	18,9	19,6	18,7	20,3	18	18,6	18,5	18,72
2020	19,1	18,2	20,1	21,1	23	23,6	23,1	19,9	25,1	21,4	21,3	23,3	21,60
Media	19,60	19,56	19,72	20,01	19,80	19,19	19,97	19,56	20,66	20,13	20,52	20,45	19,98
Mediana	19,7	19,7	19,9	20,1	19,8	19,8	19,8	19,9	20,3	20,1	20,6	20,2	20
Máxima	20,2	20,8	20,3	21,1	23	23,6	23,1	20,4	25,1	21,4	22,01	23,3	21,6

b. Chaguarpamba

Estación:		CHAGUARPAMBA						Latitud N:						
Código:		M-754						Longitud E:						
Institución:		INAMHI						Altitud:				1457msnm		
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	
2010	21,2	20,1	22	20,3	21	20,5	19,6	20,1	21,2	20,3	21,5	22,3	20,9	
2011	21,2	20,1	22,1	20,5	20,9	21,0	20,5	20,25	22,08	20,39	11,8	23,02	20,3	
2012	21,3	20,1	20,5	20,5	20,88	20,86	20,95	20,175	23,544	20,559	22,22	21,898	21,1	
2013	20,98	20,3	20,5	20,7	20,9	20,9	20,9	19,9	20,2	20,0	19,9	22,1556	20,6	
2014	21,1	20,1	20,5	20,7	20,9	20,9	20,9	19,2	20,0	19,8	21,2	21,9	20,6	
2015	20,8	20,3	20,7	20,8	20,9	20,9	20,9	19,9	19,9	20,1	21,7	22,0	20,7	

2016	20,9	20,5	20,8	20,8	20,9	20,9	20,9	20,0	19,9	20,1	21,9	21,8	20,8
2017	20,9	20,8	20,8	20,9	20,9	20,9	20,9	20,1	20,0	20,2	23,3	22,8	21,0
2018	21,2	21,4	21,1	21,6	20,9	20,9	20,9	22	21,2	22,3	23,1	23,0	21,6
2019	22	22	22	22	22	21	21	22,2	23,2	23	24,1	23,1	22,3
2020	22,3	22,2	22°C	22°C	22°C	21,3	21,5	22,4	23,1	23°C	24°C	23,1	22,3
Media	21,3	20,7	21,1	20,9	21,0	20,9	20,8	20,5	21,2	20,6	20,3	22,4	21,1
Mediana	21,1	20,3	20,8	20,8	20,9	20,9	20,9	20,1	20,7	20,2	21,8	22,2	20,8
Máxima	22,3	22,2	22,1	22	22	21,3	21,5	22,4	23,544	23	24,1	23,1	22,3

c. Catacocha.

Estación:	CATACOCCHA							Latitud N :				9.551.949		
Código:	M-515							Longitud E:				650.752		
Institución:	INAMHI							Altitud:				1860 msnm		
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	
2010	19,9	19,1	20	19,9	19	20,1	20,3	20,1	19,9	20,1	20,1	19,9	19,9	
2011	20,2	20	20,2	19,7	19,6	20,3	19,8	20,2	19,9	20,8	20,9	20,4	20,2	
2012	18,3	19,1	19,3	19,7	19,4	19,9	19,3	19,7	19,9	19,7	19,8	18,9	19,4	
2013	19,7	19,4	19,8	20,5	19,7	19,8	19,3	19,6	20,6	20,1	21,7	20,7	20,1	
2014	19,6	19,5	19,1	20,0	19,8	19,9	19,0	20,5	20,3	20,7	20,3	20,1	19,9	
2015	19,5	19,3	18,9	20,0	19,7	19,1	19,9	20,9	20,1	20,5	19,2	19,1	19,7	
2016	19,6	19,7	18,7	19,8	19,3	18,7	19,2	19,9	19,7	20,3	19,8	19,8	19,5	
2017	19,5	19,6	18,8	19,5	18,9	19,1	18,8	19,2	19,6	20,6	20,0	20,1	19,5	
2018	19,52	20	19,01	19,44	19,9	18,7	18,8	18,8	19,96	20,7	19,2	20,2	19,5	
2019	19,6	20,5	21,9	19,4	18,8	18,78	18,8	18,8	21,0	20,8	20	19,60	19,7937	
2020	21,2	23,1	22,2	21,6	20,1	20	19,9	20,1	21,9	21,6	21,8	20,9	21,2	
Media	19,673	19,884	19,746	19,941	19,468	19,471	19,353	19,776	20,241	20,523	20,183	19,952	19,8646	

Mediana	19,6	19,6	19,3	19,8	19,6	19,8	19,3	19,9	19,96	20,6	20	20,1	19,7937
Máxima	21,2	23,1	22,2	21,6	20,1	20,3	20,3	20,9	21,9	21,6	21,8	20,9	21,2

Anexo 7. Medias mensuales de precipitación a de datos históricos de 10 años de las estaciones meteorológicas Malacatos, Chaguarpamba y Catacocha.

a) Malacatos

Estación:		MALACATOS						Latitud N:				9.533.892	
Código:		M-143						Longitud E:				691.965	
Institución:		INAMHI						Altitud:				1500 msnm	
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Suma
2010	3,6	116,5	71,3	80	93,3	37,9	25	15,9	12,6	46,5	92,2	75,6	670,4
2011	99,8	260,3	109,6	150,8	33	19,4	10,1	19,7	52	103,3	101,3	116,3	1075,6
2012	234,7	223,7	85,1	154,8	8,5	0,3	0,2	0	18,2	72,6	78,7	84,8	961,6
2013	43,7	116,3	106,8	4,1	83,7	3,7	11,2	5	11,3	170,3	32,1	93	681,2
2014	50,96	114,4	147,8	45,2	43,9	11,7	4,45	10,6	6,9	170,2	73,6	32,1	711,81
2015	44,5	117,6	158,6	55,3	44,5	14,9	9,8	5,1	9,6	169,2	81,3	52,8	763,2
2016	65,7	89,9	120,3	98	35,8	7,5	5,5	4,9	24,2	76,1	60,3	81,5	669,1
2017	60,8	86,8	120,3	95,7	29,5	4,6	5,5	5,4	10,6	76,9	52,4	77,2	625,7
2018	79	96	109,2	100	67	25	11,1	12,3	24	54	49	55	681,6
2019	90	125	165	125	60	40	35	30	40	60	55	65	890
2020	87	94	156	133	186,2	92,2	44,4	34,3	33	56,3	57,4	59	1032,8
SUMA	859,76	1440,5	1350	1041,9	685,4	257,2	162,25	143,2	242,4	1055,4	733,3	792,3	8763,01
MEDIA	25,9453	116,479	115,077	30,90991	34,95832	2,58174	1,81522	1,336373	15,19836	77,6237	60,392055	64,62907	769,437
MAXIMA	234,7	260,3	165	154,8	186,2	92,2	44,4	34,3	52	170,3	101,3	116,3	1075,6
MINIMA	3,6	86,8	71,3	4,1	8,5	0,3	0,2	0	6,9	46,5	32,1	32,1	625,7

b) Chaguarpamba

Estación:		CHAGUARPAMBA						Latitud N:						
Código:		M-754						Longitud E:						
Institución:		INAMHI						Altitud:				1457msnm		
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	
2010	165,23	176,1	121,2	387,5	99,4	87,1	19,2	2,3	50,1	86,1	64,1	56,2	1314,53	
2011	94	191,6	87,6	352,2	3,4	22,8	14,7	0	33	35,8	35,8	50,5	921,4	
2012	103,76	170,8	114,06	317,32	38,28	21,99	13,23	14,7	36,3	35,52	34,66	52,03	952,65	
2013	526	76,6	133	82,2	36,1	1,8	0	0	0	45	10	640	1550,7	
2014	481,06	70,96	127,92	77,59	40,71	1,62	0	0	0	40,5	6,5	577	1423,86	
2015	440,05	65,264	122,887	73,902	44,398	1,458	0	0	0	36,45	3,1	519,95	1307,46	
2016	402,571	59,5017	117,989	70,9516	47,3484	1,3122	0	0	0	32,805	9,77	468,265	1210,51	
2017	368,264	65,3504	113,285	68,59128	49,70872	2,6244	0	0	0	36,0855	14,377	376,566	1094,85	
2018	337,973	70,1438	108,815	66,70302	51,59698	5,2488	0	0	0	39,69405	18,7187	304,1282	1003,02	
2019	311	74,1	104	65,8	53,2	25	11	15	23,3	43	22,1	242	989,5	
2020	134	89	96,5	60,5	50,2	22,1	10,7	14,2	21,1	40,2	21,1	220	779,6	
SUMA	3363,91	1109,42	1247,26	1623,258	514,3421	193,053	68,83	46,2	163,8	471,1546	240,2257	3506,639	12548,1	
MEDIA	213,938	84,4087	111,814	89,76073	21,807	3,25597				40,20935	11,3779	139,6098	1095,89	
MAXIMA	526	191,6	133	387,5	99,4	87,1	19,2	15	50,1	86,1	64,1	640	1550,7	
MINIMA	94	59,5017	87,6	60,5	3,4	1,3122	0	0	0	32,805	3,1	50,5	779,6	

c) Catacocha

Estación:		CATACOCCHA						Latitud N:				9.551.949		
Código:		M-515						Longitud E:				650.752		
Institución:		INAMHI						Altitud:				1860 msnm		
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	SUMA	
2010	206,8	362,5	308,8	230,7	46,5	14,06	0	0	15,8	34,7	19,8	29,4	1269,06	

2011	94	191,6	87,6	352,2	3,4	22,8	14,7	0	33	35,8	35,8	50,5	921,4
2012	265,5	458	15,2	285	16,8	0	0	0	0	13,7	130,7	36,8	1221,7
2013	93	118,1	94,3	24,6	68,6	5,2	0	11,6	5	35,8	0	16,7	473
2014	75,43	110,9	52,8	37,8	62,2	11,5	0,52	10,4	6,1	32,7	0,3	15,03	415,68
2015	71,8	105,1	54,3	45,1	57,1	16,6	1,6	13,4	7,8	30,04	0	13,5	416,34
2016	81,8	100,02	54,3	48,7	53,05	20,7	3,1	16,9	10,04	27,8	0	12,2	428,61
2017	87,3	118,3	58,2	50	49,8	23,9	4,8	21,04	19,6	26,02	0	7,3	466,26
2018	84,2	94,3	63,9	49,9	47,2	18,3	6,7	19,4	23,4	24,7	0	4,3	436,3
2019	82,2	91,3	77,9	48,3	44,3	12,5	7,8	18,1	21,8	24,1	0,9	7.3	429,2
2020	84,1	95,2	77,1	46,5	43,2	13,2	6,4	17,8	20,1	23,8	9,8	6,7	443,9
SUMA	1226,13	1845,32	944,4	1218,8	492,15	158,76	45,62	128,64	162,64	309,16	197,3	192,43	6921,45
MEDIA	94,186	125,466	53,5388	54,25552	20,78795					26,1938		11,33475	524,657
MAXIMA	265,5	458	308,8	352,2	68,6	23,9	14,7	21,04	33	35,8	130,7	50,5	1269,06
MINIMA	71,8	91,3	15,2	24,6	3,4	0	0	0	0	13,7	0	4,3	415,68

Anexo 8. Fotografías del proceso de evaluación de café dentro de los sitios cafetaleros Malacatos, Chaguarpamba y Zapotepamba durante el periodo septiembre 2019 a marzo 2020.



Recorrido del sector Malacatos(A) y selección aleatoria de las plantas de café(B).



Selección y etiquetado de ramas en el sitio Chaguarpamba (C) y en el sitio (Malacatos).



Conteo de cada una de las variables en Chaguarpamba(E) y en Malacatos(F).